

独立行政法人

環境再生保全機構委託業務

道路沿道環境における微小粒子状物質（PM_{2.5}）
及びナノ粒子に及ぼす要因に関する調査研究
報 告 書

平成 28 年度

公益社団法人 大気環境学会

道路沿道環境における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 及びナノ粒子 に及ぼす要因に関する調査研究

研究者

(公社) 大気環境学会「沿道 PM_{2.5}・ナノ粒子研究会」

代表：小林 伸治(国立研究開発法人国立環境研究所)
近藤 美則(国立研究開発法人国立環境研究所)
藤谷 雄二(国立研究開発法人国立環境研究所)
伏見 暁洋(国立研究開発法人国立環境研究所)
齊藤 勝美(イサラ研究所)
山田 裕之(独立行政法人交通安全環境研究所)
横田 久司((公社) 大気環境学会)

研究要旨

本調査研究(平成 26～28 年度)では、川崎市臨港警察署前交差点付近の道路沿道及びその後背地における粒子を分級捕集して成分分析を行い、粒径毎に自動車由来粒子の寄与を推定する。また、当該地点において、2004 年度から環境省と独立行政法人国立環境研究所とが実施してきた道路沿道におけるナノ粒子を含む微小粒子の観測結果を再解析し、自動車からの粒子状物質排出量推計結果と併せることで、道路沿道の PM_{2.5} 等に及ぼす自動車の影響を明らかにすることを目的とする。

さらに、自動車からの粒子状物質排出量推計について、これまで把握対象外であったガソリン車由来の PM_{2.5} 排出量を新たに推計することに加えて、排出量推計の専門家等から構成されるワーキンググループを組織し、今後重要になると考えられる排気浄化装置の劣化等、不確実性の高い排出補正方法について見直しを行い、今後の基準となりうる排出量推計手法を提案する。

本年度は昨年度に引き続き、2014 年秋季から開始した沿道における観測結果の検討結果、観測に基づく自動車排ガスの PM_{2.5} 等に対する寄与推計、及び自動車からの PM_{2.5} 排出量推計手法の検討結果について報告する。

キーワード

PM_{2.5}、ナノ粒子、粒径分布、道路沿道、自動車排出ガス、排出量推計

研究協力者名及び所属組織名

PM_{2.5}・ナノ粒子調査研究検討会

坂本 和彦(埼玉環境科学国際センター)
石井 康一郎(元東京都環境科学研究所)(平成 28 年度から)
畠山 史郎(東京農工大学大学院)
大原 利真(国立研究開発法人国立環境研究所)(平成 27 年度まで)

自動車排出量推計手法検討 WG

飯田 訓正(慶應義塾大学理工学部)
森川 多津子(一般財団法人日本自動車研究所)
山本 敏朗(独立行政法人交通安全環境研究所)
佐藤 厚((株)数理計画 数理計画本部)
柴田 芳昭(一般社団法人自動車工業会)

Study on the factors of fine particulate matter (PM_{2.5}) and nanoparticles in the roadside environment

Shinji Kobayashi ^{*1}, Yoshinori Kondo ^{*1}, Yuji Fujitani^{*1}, Akihiro Fushimi^{*1},
Katsumi Saitoh ^{*1, 2}, Hiroyuki Yamada^{*3}, Hisashi Yokota^{*4}

^{*1} *National Institute for Environmental Studies*

^{*2} *Environmental Science Analysis & Research Laboratory*

^{*3} *National Traffic Safety and Environment Laboratory*

^{*4} *Japan Society for Atmospheric Environment*

Keywords : PM_{2.5}; Nanoparticle; Particle size distribution; Road side; Automobile exhaust gas; Estimation of emissions from road vehicles

Abstract

The contribution of traffic sources to atmospheric fine particulate matter (specifically PM_{2.5}) concentrations in roadside environments was estimated by various methods at the Rinko-keisatsusyo-mae traffic intersection in Kawasaki city. Size-resolved sampling and sampling of PM_{2.5} concentrations were simultaneously conducted at traffic cross-sections and background sites, and chemical analyses were conducted. In addition, the long-term monitoring data for nanoparticles at this traffic cross-section have been reanalyzed from 2004 onward by the Ministry of the Environment and the National Institute of Environmental Studies.

We have developed a revised method for estimating the amount of PM emissions. This method focuses on PM_{2.5} concentrations originating from automobile exhaust; this will become the standard method used in Japan in future. As the data for exhaust emissions from gasoline vehicles are not available in the inventory at present, an estimate of the amount of PM emissions must be developed. A research group was assembled to improve the emission inventory and correct the emission amounts by discussing the effect of degradation processes in the exhaust after treatment and other uncertainty factors.

From the relationship between long-term trends (2005–2013) of atmospheric PM concentrations and diesel truck emissions that was introduced last year, we estimated the long-term trend of automobile exhaust contributions to the particle mass, elemental carbon (EC), and organic carbon (OC) in the quantities of PM_{2.5} and PM_{0.1}. We found that the automobile exhaust contributions decreased in winter (e.g., 80% in 2005–48% in 2016). However, the contributions of EC in both size ranges and the PM and OC in the size range PM_{0.1} were still higher (over 80%) in 2016.

A soot-particle aerosol-mass spectrometer was employed to measure the chemical composition of PM_{1.0} from January to February 2016 and July to August 2016. The source apportionment of the organic aerosols (OAs) was analyzed using the positive-matrix factorization (PMF) method for the aerosol-mass-spectrum data. The factors were classified into six categories in each season, and for both seasons, they were assigned labels such as hydrocarbon-like OA (HOA), nitrogen-rich HOA, and oxygenated OA. OA and aging HOA were regarded as automobile exhaust, and they contributed about 30% of the OA in both seasons.

The diurnal trend of HOA was similar to that of refractory black carbon, and a higher concentration was observed leeward of the intersection, which confirmed that HOA is related to automobile exhaust. The chemical mass-balance method was also used to estimate the particle sources for the PM_{2.5} and size-resolved samples. In winter, automobile exhaust contributed about 37% to the total amount of PM_{2.5} which was similar to the PMF results. Using various methods, we estimated and confirmed that, in the winter of 2016, the

contribution of automobile exhaust in the PM_{2.5} category was about 30% at this traffic cross-section.

At the research group, for improving the emissions inventory, the amounts of PM emitted from automobile vehicle exhaust, including gasoline vehicles, were estimated. The emissions from gasoline vehicles were estimated to constitute 3.9% of the PM_{2.5} emitted from automobile exhaust in 2013. Estimates for 2030 are 45% for the case of gasoline direct-injection spark-ignition vehicles not being widespread and 68% for the case of gasoline direct-injection spark-ignition vehicles being widespread.

The estimates indicated that in 2030, the amounts of PM emissions will be identical for both diesel and gasoline vehicles. However, the total amount of emissions from automobiles in 2030 will be below one-tenth of the amount in 2013, and the influence of automobile exhaust on the atmosphere is expected to be quite low.

The various methods used to estimate the amounts of PM emitted from automobile exhaust were discussed among experts with a focus on this study. Issues involved in estimating the amounts of PM emissions at the start of vehicle operations, during driving, and during the evaporation of fuel were discussed.

It was found that various issues, such as using temperature to correct emissions, are used at different times and locations at the various institutes; thus, a revision is required to correct the data. We presented suggestions for future research topics for maintaining and improving the emission-estimation methods for automobile exhaust. In addition, the methods for estimating the amount of PM emissions from automobile exhaust were compared with those conducted in other countries, mainly the US. Other countries have also developed useful methods for estimating the amounts of PM emitted from automobile exhaust; these methods may be useful for Japan in future.

目次

I	研究目的	1
II	研究方法	1
III	研究結果	4
	1. 道路沿道における $PM_{2.5}$ 等に及ぼす要因解析	4
	2. 自動車からの $PM_{2.5}$ 排出量推計	33
IV	結論	56
	参考文献	58
	参考資料 1	59
	参考資料 2	63
	参考資料 3	67

I 研究目的

道路沿道大気における微小粒子状物質（PM_{2.5}）やナノ粒子（以降、PM_{2.5}等という。）の濃度改善を図るためには、周辺のバックグラウンド大気の影響と自動車排気の影響とを区別して把握し、その寄与に応じた適切な対策を講ずる必要がある。特に、ディーゼル車からの元素状炭素粒子（EC）の寄与が著しく減少している状況においては、ECに加えて、これまで寄与が少ないと考えられていた有機成分やイオン成分、その他の元素等の粒子を構成する各成分に対する自動車の寄与を明確にすることが重要である。また、今後、PM_{2.5}等の環境基準達成に向けた改善策を検討するためには、これまでの各種対策の効果を評価し、改善効果の高い対策を講ずることが必要である。

さらに、道路沿道大気環境改善策を検討するためには、上記の沿道環境の現状把握に加えて、自動車からのPM_{2.5}等の汚染物質排出量を車種や年式ごとに精度良く把握し、その排出寄与に応じて、削減計画を立案する必要がある。自動車からの汚染物質排出量は、排気対策が高度になるに従い、排気浄化装置の劣化や冷間始動時の排出増加などの影響が大きくなりつつある。現在は、基本排出量（市場における標準的な新車の排出量）に対する排出補正という形で、基本排出量に付加されているが、推計を実施している機関により、その補正量が異なるなど、不確実性が高いため、今後の対策を講ずる上で障害になると推察される。

以上のような現状を踏まえ、本研究では、道路沿道のPM_{2.5}等の環境改善策を検討するための基礎資料を提供することを目的とし、道路沿道におけるPM_{2.5}等を構成する各成分を分析して粒径区分毎に自動車の寄与を把握することに加え、これまでの道路沿道における粒径分布や組成についての観測結果を解析し、排出量推計結果と併せて各種削減対策の効果を評価する。さらに、自動車からの排出量推計について、これまで未把握のガソリン車由来のPM_{2.5}排出量を推計・追加することに加え、排気浄化装置の劣化等の不確実性の高い排出補正についても検討を加える。特に、排出量推計に際しては、その透明性や利害関係者の同意が必要であるが、これらの要件を確保するため、自動車排出量推計の専門家に加えて、行政、自動車業界等の関係者を含めた検討会を設置し、今後の基準となりうる排出量推計手法を提示する。

II 研究方法

平成26年度から3ヶ年の研究方法を以下に示す。

平成26年度

1. 道路沿道におけるPM_{2.5}等に及ぼす要因解析

(1) 道路沿道におけるナノ粒子を含む微小粒子の粒径分布測定（連続測定）

大型車混入率が高い川崎市臨港警察署前交差点において、PM_{2.5}質量濃度および粒径0.5-20 μ mの粒径別粒子数の連続測定を行う。

さらに、同じ測定地点において、国立環境研究所が実施しているナノ粒子観測結果（気象要素、粒径10nmから500nmの間の粒径別粒子数、ガス（NO、NO₂、CO、SO₂））を活用して、粒径区分毎の粒子濃度や各汚染物質濃度の季節変化、時間変化などを解析し、自動車排気の大気環境におよぼす影響を明らかにする。

(2) 沿道大気および後背地における粒径別エアロゾル試料を用いた自動車排気由来の寄与率の推定（集中観測）

前述の交差点および交差点から約200m離れた後背地である川崎市池上新町中留公園において、平成27年1月頃に集中観測を行う。後背地においては、交差点と同様の連続測定を一ヶ月間程度行う。両地点において、一ヶ月間のうちの一週間は捕集装置を用いて粒子試料を捕集する。粒径別試料は、50%カット径が10nmから10 μ mの範囲の13粒径区分（粒径100nm以下は5つの粒径区分に分級可能）の試料捕集が可能なNanoMOUDI IIを用いて、4日間捕集を行う。各地点2台ずつ使用し、炭素成分と水溶性成分及び金属成分分析用の試料を採取する。

また、PM_{2.5}については、FRMサンプラーを2台ずつ用いて、炭素成分と水溶性成分及び金属成分分析用の試料を24時間捕集する。捕集された粒子試料は、秤量して粒子重量を得た後、炭素成分（元素状炭素・有機炭素）は、熱光学式炭素分析計により、水溶性成分、金属成分はそれぞれイオンクロマトグラフィーおよびPIXE法により分析を行う。これらの観測により得られた沿道と後背地におけるPM_{2.5}や粒径区分別の各種成分濃度を比較し、沿道での濃度増加を評価する。

2. 自動車からのPM_{2.5}排出量推計

(1) ガソリン車からのPM排出量データ収集

ガソリン車からのPM排出係数を設定するための基礎資料とするため、国内外の文献、調査資料をもとにガソリン車のPM排出データを収集、整理する。

(2) 排出量推計手法の検討

今後の基本となる推計手法をまとめることを目標として、大気環境学会内に自動車排出量推計の専門家、行政、自動車業界の関係者を含めた排出量推計手法検討WGを設置し、推計精度に及ぼす各種係数や交通量等の活動量等の設定方法、さらには、環境条件や排気浄化装置の劣化など、排出量の補正方法等について、詳細な検討を行う。

初年度は、幹線道路及び細街路の走行量の車種別走行量配分、貨物車の走行時車両重量、平均旅行速度、年式別・車種別走行係数等の、主に交通や車両の保有等に関する項目について、検討を行う。

平成 27 年度

1. 道路沿道におけるPM_{2.5}等に及ぼす要因解析

(1) 道路沿道におけるナノ粒子を含む微小粒子の粒径分布測定（連続測定）

平成 26 年度に引き続き、川崎市臨港警察署前交差点においてPM_{2.5}および粒径0.5-20μmの粒径別粒子数の連続測定を行う。

(2) 沿道大気および後背地における粒径別エアロゾル試料を用いた自動車排気由来の寄与率の推定（集中観測）

平成 26 年度と同様に、交差点および後背地において平成 27 年 8 月頃、平成 28 年 1 月頃の 2 回集中観測を行う。後背地においては、いずれの観測も、交差点と同様の連続測定を一ヶ月間程度行う。そのうちの一週間の間、交差点および後背地において、NanoMOUDI II と FRM サンプラーにより粒子試料を捕集し、粒径区分毎及びPM_{2.5}について、各種成分の分析を行う。

(3) 観測地点における車両の規制年別構成比の把握

観測地点を通過する車両と道路沿道濃度との関連性解析に資するため、既存のナンバープレート調査データを活用して、観測地点における車両の排出ガス規制年別構成比率を把握する。

既存のナンバープレート調査データとして、以下の資料の利用を検討する。

① 環境省業務「自動車交通環境影響総合調査報告書」

② 株式会社数理計画が H24-25 に実施したナンバープレート調査（ERCA 業務）

2. 自動車からのPM_{2.5}排出量推計

(1) ガソリン車からのPM排出係数の設定

平成 26 年度に収集したデータをもとに、PM 排出データを精査し、一般的なガソリン車（ポート噴射ガソリン車）と筒内燃料噴射式ガソリン車（直噴ガソリン車）についてのPM排出係数を設定する。

(2) 排出量推計手法の検討

平成 26 年度に引き続き、排出量推計手法検討WGを設置し、環境条件による排出量の補正、排気浄化装置の劣化やハイエミッタ車による排出補正など、主に排出量の補正方法についての検討を行う。さらに、始動時排出量推計法や蒸発ガス排出量推計法などの、走行時以外の排出量推計手法についても検討を行い、今後の排出量推計の基本となる手法をまとめる。

平成 28 年度

1. 道路沿道におけるPM_{2.5}等に及ぼす要因解析

(1) 道路沿道におけるナノ粒子を含む微小粒子の粒径分布測定（連続測定）

平成 27 年度に引き続き交差点においてPM_{2.5}および粒径0.5-20μmの粒径別粒子数の連続測定を行う。連続測定は平成 28 年 9 月まで継続する。

(2) 沿道大気および後背地における粒径別エアロゾル試料を用いた自動車排気由来の寄与率の推定（集中観測）

平成 27 年度と同様に、交差点および後背地において平成 28 年 8 月頃に集中観測を行う。後背地においても交差点と同様の連続測定を一ヶ月間程度行う。そのうちの一週間の間、交差点および後背地において、NanoMOUDI II と FRM サンプラーにより粒子試料を捕集し、粒径区分毎及びPM_{2.5}

について、各種成分の分析を行う。

(3) データの解析

2年間の連続測定および集中観測データに、別途実施された交差点の気象要素、粒径 10 nm から 500 nm の間の粒径別粒子数、ガス (NO、NO₂、CO、SO₂) データを集約し、粒径別粒子数データ、粒径別試料や PM_{2.5} 試料の成分毎濃度などのデータを用いて、発生源寄与を解析し、沿道および後背地の大気環境に及ぼす自動車の寄与を明らかにする。解析には本研究開始以前に同交差点で捕集された粒径別試料も含め、最近 10 年間の長期的な発生源寄与率の変化も明らかにする。この間、自動車排出ガス規制は新長期規制、ポスト新長期規制と強化されているため、排出量推計結果やナンバープレート調査による規制年別構成比率などのデータをもとに、規制の強化と大気質の変化を関連づけて考察する。

2. 自動車からの PM_{2.5} 排出量推計

平成 26、27 年度に引き続き、排出量推計手法検討 WG を設置する。検討した結果をもとに、ガソリン車を含めた自動車からの PM_{2.5} 排出量について、2000 年以降の経年変化を 5 年おきに推計する。さらに、推計結果は、前述のデータ解析に提供し、自動車からの排出量の変化が道路沿道の環境濃度に及ぼす影響を明らかにする。

また、3 年間の排出量推計手法検討 WG における検討結果をまとめ、今後の自動車排出量推計に向けて考慮すべきガイドラインを示す。

Ⅲ 研究結果

1. 道路沿道における PM_{2.5} 等に及ぼす要因解析

1.1. 調査地点

図1に調査区域周辺図を示す。川崎市池上新町にある川崎臨港警察署前交差点（以降、池上とも呼ぶ。）を中心に測定を行った。当該交差点は、東西に産業道路があり、南北には川崎駅と工場地帯を結ぶ道路が直交し、さらに産業道路に重層して首都高の高架道路がある。この交差点の北側には、住宅街が広がっている。南西側には池上新田公園が面しており、その一角の交差点に近い場所に観測小屋がある。この観測小屋は国立開発法人国立環境研究所（以降、国環研と呼ぶ。）が2003年に設置し、それ以来大気質のモニタリングを行っているもので、この観測小屋を利用した。

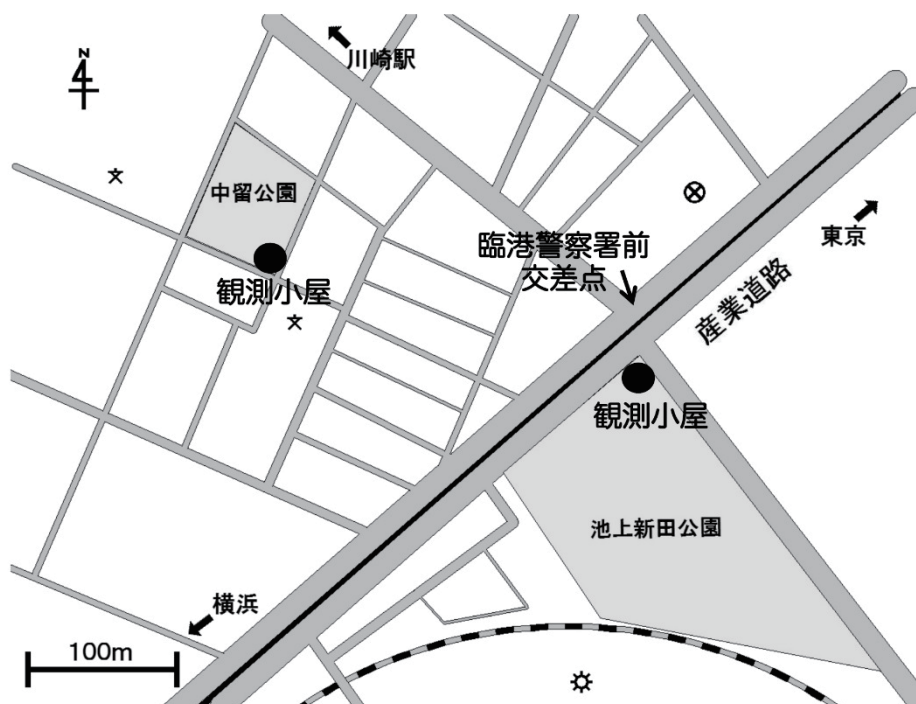


図1 調査区域周辺図

この観測小屋から産業道路沿いを西に100 mほど行ったところに自排局（池上新田公園前）がある。また、産業道路から直交距離で160 m離れた所に中留公園（以降、中留とも呼ぶ。）があり、その一角にも観測小屋を設置して集中観測を行った。表1に本研究の3年間で行った観測期間の一覧を示す。なお、2011年には池上の交通量調査を実施しており、平日5日間の平均として24時間の総交通量は52,000台、大型車混入率は25%という実態であった。本稿では3年間に得られたデータをまとめた。

表1 測定期間一覧

連続測定期間	集中観測期間	捕集期間	SP-AMS測定期間
池上	池上・中留	池上・中留	池上
2014/11/1-2016/9/30			
	2015/1/7-2/9	2015/1/19-1/23	
	2015/7/23-8/24	2015/8/3-8/7	
	2016/1/7-2/8	2016/1/18-1/22	2016/1/15-2/15
	2016/7/21-8/23	2016/8/1-8/5	2016/7/28-8/31

1.2. 測定実施項目

表2および表3に池上および中留の観測小屋の連続測定項目を示す。また図2に各測定地点における測定装置の配置図、写真1、2に各測定地点の周辺の様子を示す。写真1は産業道路を挟んで北側から撮影した様子、写真2の奥の方向が産業道路である。

測定項目は常時監視測定項目に加え、粒径別の粒子数（10 - 20000 nm）である。粒径別の粒子数は走査型モビリティパーティクルサイザー（Scanning Mobility Particle Sizer：SMPS）および空気力学的粒径分布測定装置（Aerodynamic Particle Sizer：APS）によって測定した。さらに、2016年1-2月、7-8月にはSoot Particle-Aerosol Mass Spectrometer（SP-AMS）を用いた質量スペクトルの測定を行い、エアロゾル主成分の連続測定データを得た。SMPS、APS、SP-AMSは3分間で1データを取得した。

他の測定項目は1分毎にデータを取得した。これらのデータを1時間平均して解析に用いた。PM_{2.5}の連続測定装置はベータ線吸収方式であり、標準測定法との等価性を有する装置として評価された機種を用いた。その装置は屋外に設置し、SPMインレットを地面から3mの高さになるように設置した。その下流にPM_{2.5}カットのVSCサイクロンを経て測定部に導入した。それ以外の装置への試料空気の導入は、最長2.7mの銅管、タイゴンチューブ、テフロンチューブ等を用い、取り込み口を外に突きだして採気した。同じ測定項目の場合は、池上と中留で同じ材質、管径とし、長さも揃えた。なお、PM_{2.5}の連続測定装置の結果は、同時に捕集して得たFRMテフロン試料の結果で器差の補正を行った。

表2 川崎臨港警察署前交差点（池上）における測定項目

測定項目	メーカー、型式	
SO ₂	Thermo, Model 43J	
CO	堀場製作所、APMA-360	
NO, NO ₂ , NO _x	Thermo, Model 42J	
SPM	堀場製作所、APDA-3610/361	
粒径別粒子数 10-470 nm	TSI 3034	
粒径別粒子数 500-20000 nm	TSI 3321	
PM _{2.5}	東亜DKK、FPM-377B-1	
気象要素		
粒径別質量スペクトル* 60-1000 nm	Aerodyne, SP-AMS	*2016年1-2月、7-8月のみ

表3 中留公園（中留）における測定項目

測定項目	メーカー、型式
SO ₂	堀場製作所、APSA-360A
CO	Thermo, Model 48i-TLE
NO, NO ₂ , NO _x	堀場製作所、APNA-360
粒径別粒子数 10-470 nm	TSI 3034
粒径別粒子数 500-20000 nm	TSI 3321
PM _{2.5}	東亜DKK、FPM-377B-1
気象要素	

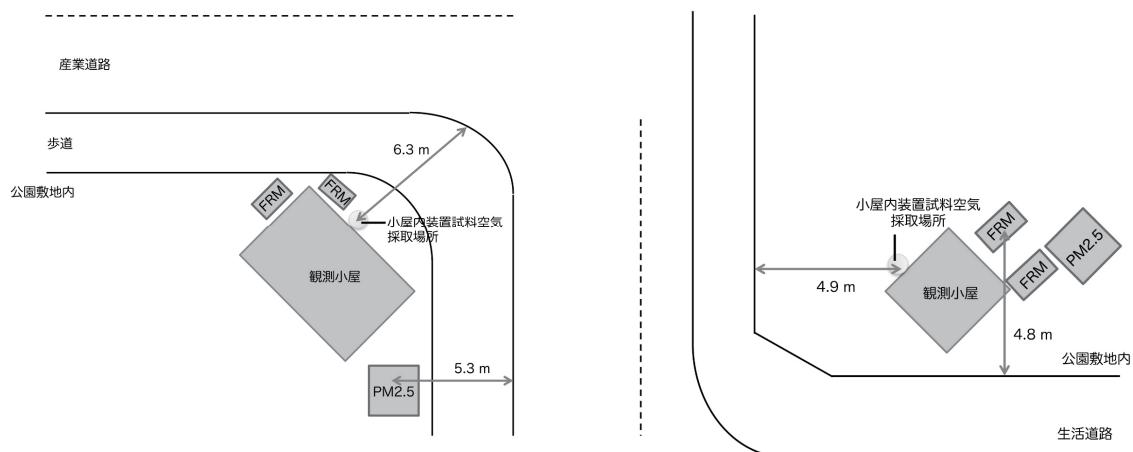


図2 川崎臨港警察署前交差点（池上：左）および中留公園（中留：右）における測定装置の配置図



写真1 川崎臨港警察署前交差点および観測小屋（横断歩道の先）



写真2 中留公園の観測小屋

1.3. 粒子の捕集

粒子の捕集は表 1 に示す期間に池上新町交差点と中留公園で同時に行った。図 3 に捕集方法、捕集メディア、分析項目を示す。写真 3、4 に各地点におけるサンプリングの様子を示す。本研究では $PM_{2.5}$ の捕集は FRM サンプラー (Thermo 社製あるいは R&P 社製、Model 2000) を各場所に 2 台ずつ、計 4 台用いて行った。本体は屋外に設置し、SPM インレットを地面から 3 m の高さになるように設置した。その下流に $PM_{2.5}$ カットの VSC サイクロンを経てフィルターに捕集した。サンプリング開始時刻は 11 時、終了時刻は次の日の 10 時半とし、23.5 時間、 16.7 L min^{-1} で採気した。粒径別試料の採取は、低圧多段分級インパクター (NanoMOUDI II、Model 125B、MSP 社製) を各場所に 2 台ずつ、計 4 台用いて行った。本装置の 50%カット径は、10、18、32、56、110、180、290、560、1000、1800、2100、6200、9900 nm であり、バックアップフィルターと合わせて、14 粒径区分の試料が捕集できる。月曜の 13 時に捕集を開始し、同一週の金曜の 13 時に終了した。その間の 96 時間、 10.2 L min^{-1} で採気した。

NanoMOUDI II は室内に設置し、銅管 (長さ 2.6 m、内径 6 mm ϕ) を用いて屋外大気を吸引し試料を採取した。図 3 に示すように、FRM サンプラーと NanoMOUDI II のバックアップフィルターにはテフロンフィルター (47mm ϕ 、TFH-47R、HORIBA) および石英繊維フィルター (47mm ϕ 、Pallflex 2500QAT-UP、Pall) を用いた。NanoMOUDI II のインパクション面の捕集材には金ホイル (47 mm ϕ 、厚さ 17 μm 、三菱マテリアル) およびポリカーボネートフィルター (47 mm ϕ 、Nuclepore Track-Etch Membrane Filtration Products、Whatman) を用いた。金ホイルはアセトンで洗浄した後、サンプリングに使用した。石英繊維フィルターは、ガス状成分の余分な吸着を避けるため、加熱処理せずそのままサンプリングに用いた。インパクション部やフィルター押さえリング、ノズル部等はサンプリング前に有機溶媒で洗浄した。

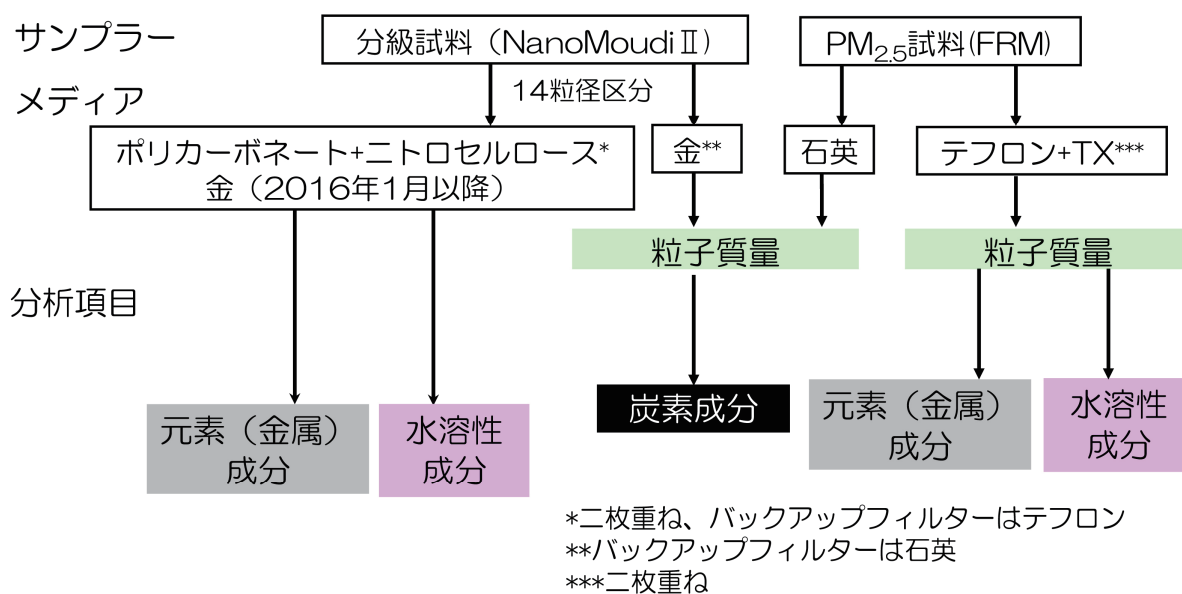


図 3 サンプラー、捕集メディアおよび分析項目



写真 3 川崎臨港警察署前交差点の観測小屋における粒子捕集
FRM サンプラー (左) NanoMOUDI II (右)



写真 4 中留公園の観測小屋における粒子捕集
FRM サンプラー (左) NanoMOUDI II (右)

1. 4. 粒子質量

テフロン、石英、金ホイルを用いて採取した試料の粒子質量を、サンプリング前後の捕集材の秤量値の差から算出した。秤量は温度 21.5°C、相対湿度 35%に調整されたチャンバー (CHAM-1000、HORIBA) 内で、電子天秤 (UMX2、Mettler Toledo、最小表示 0.1 μ g) を用いて行った。1 つのサンプルにつき 2 回秤量を行い、その平均値を秤量値とした。ただし、2 回の秤量値の差が 2 μ g (テフロン)、4 μ g (石英)、0.5 μ g (金ホイル) を超えた場合には再度秤量を行い、許容誤差以下となった 2 つの秤量値を平均した。石英繊維フィルターのサンプルはチャンバー内で 24 時間以上恒量したが、金ホイルのサンプルは、捕集材自身の吸湿性は無視し得るため、秤量前の恒量は行わなかった。

1. 5. 化学成分

炭素分析は金ホイル、石英繊維フィルター試料で行った。元素炭素 (EC) と有機炭素 (OC) の分析は、熱分離・光学補正式炭素分析計 (DRI Model 2001 Carbon Analyzer、以下「Carbon Analyzer」とよぶ。) を用いて行った。Carbon Analyzer では段階的に試料を加熱し、揮発温度の差を利用して EC と OC を分離・定量する。分析中に試料の反射光・透過光をモニターすることで、OC の炭化を補正することができるが、金ホイルサンプルに対しては正確な光学補正ができないため補正は行わなかった。分析条件には IMPROVE プロトコル (OC1: 120° C、OC2: 250° C、OC3: 450° C、OC4: 550° C (以上、He 雰囲気)、EC1: 550° C、EC2: 700° C、EC3: 800° C (以上、2%O₂/98%He 雰囲気)) を用いた。なお、OC = OC1 + OC2 + OC3 + OC4、EC = EC1 + EC2 + EC3、TC = OC + EC とする。NanoMOUDI II のインパクターサンプルは、ブランクを一定にするためまずホイルを 28 mm ϕ に打ち抜き、その一部を扇状に切り取り分析し、面積比に基づき各ステージの定量値を算出した。NanoMOUDI II のバックアップフィルターサンプルは、8 mm ϕ に打ち抜き分析し、面積比に基づき定量値を算出した。水溶性のイオン成分はテフロンフィルターおよびポリカーボネートフィルターの試料 (2016 年 1 月および 8 月の試料は金ホイル試料) をイオンクロマトグラフィーにより分析した。元素成分はテフロンフィルターおよびポリカーボネートフィルターの試料を Particle Induced X-ray Emission (PIXE) 法により定量した。2016 年 1 月および 8 月の金ホイル試料は ICP-MS 法により定量した。

1. 6. スス粒子-エアロゾル質量分析計 (SP-AMS) による連続計測

AMS は、主に粒子線生成、空力学径測定、イオン化部、および質量分析による粒子組成分析で構成される装置である。AMS はタングステン蒸発器により 600°C で揮発する非難燃性成分 (土壤構成酸化物および元素炭素以外) を検出する。レーザーのモジュールを付加した SP-AMS は、イオン化部において、波長 1064 nm の Nd:YAG 連続発振型レーザーを併用し、レーザー誘起白熱法により光吸収性の rBC を含むエアロゾルも蒸発させる。蒸発された成分は、従来の AMS と同様に、電子衝撃法でイオン化されて高分解能飛行時間型質量分析計 (HR-ToF-MS) で測定される。

SP-AMS の測定対象は PM_{1.0} である。SP-AMS の導入ノズルの詰まりを軽減するため、あらかじめ PM_{2.5} サイクロンで粒径をカットしたのち、SP-AMS に導入した。最終的な導入流量は約 0.1 L min⁻¹ である。本研究ではタングステン蒸発器はオンにしたまま、レーザーをオンオフして測定した。環境測定では MS モード (全信号計測状態である open 状態 10 秒 + 真空チャンバー内バックグラウンド信号計測状態である close 状態 10 秒) と粒径情報は得られるが信号強度が小さくなる PToF モード 40 秒を 1 セットとし、3 セット 1 ラン、すなわち 1 ラン 3 分とした。HR-ToF-MS の測定モードは V モードとし、これをレーザーオン、オフの繰り返しで 4 回繰り返した。その後、W モードの測定を実施した。W モードは、MS モード (open 15 秒 + close 15 秒) を 1 セットとし、6 セット 1 ラン、すなわち 1 ラン 3 分とした。3 分毎にレーザーオン、オフを切り替えて使用した。以上の組み合わせで一通りの測定は 30 分間となる。なお、質量分析装置において、飛行距離を稼ぐためにリフレクターを使用しているが、ハードミラーに電圧を掛けずにリフレクターで 1 回の反射のみを行うときを V モード、ハードミラーに電圧を掛けて 3 回の反射を行うときを W モードという。W モードの質量分解能は V モードの約 2 倍となるが、検出感度が減少するデメリットがある。

データの解析には High Resolution ToF-AMS Analysis Toolkit v1.16 を用いた。本研究では、V モードの結果を解析し、精密質量数のデータの解析結果を示す。また、後述する PMF 解析には

主として整数質量数の解析結果を用いた。

1.7. 結果および考察

1.7.1. 道路沿道におけるナノ粒子を含む微小粒子の粒径分布測定（連続測定）

図4に個数濃度（PN）、PM_{2.5}濃度の時系列を示す。表4に本解析期間の交差点（池上）および後背地（中留）における個数濃度およびPM_{2.5}の平均値を示す。冬季のPNは、後背地に比べて交差点での濃度が約4倍高い結果であったが、夏季は約1.6倍の差に収まっている。一方、PM_{2.5}はPNに比べ交差点と後背地の濃度差は小さい結果となったが、沿道で若干濃度が高くなった。

図5に個数粒径分布（10-500 nm）の時系列を示す。色が赤いほど濃度が高いことを示す。交差点では4月くらいまで粒径10-30 nmの範囲で比較的濃度が高い状態が続き、夏にかけて低下している。7月になると比較的大きな粒径（100 nm前後）で濃度が高い傾向にある。2015年の11月頃から再度濃度が高くなり、再現性が得られた。後背地では冬季に比べて夏季で濃度が高く、特に粒径100 nmの粒子濃度が高い。夏季の100 nm付近の粒子の濃度増加は二次生成による影響と考えられる。

図6に集中観測期間のPM_{2.5}濃度、NO_x濃度、個数濃度の交差点（池上）と後背地（中留）の濃度差の日内変動を示す。なお、NO_x濃度は沿道においてはディーゼル車の指標となる。朝方は交通量のパターンと同期して各汚染物質濃度も増加し、午後は大気境界層の発達の影響を受けた日内変動となっていると考えられる。冬季夏季それぞれ二回ずつの観測により、濃度差に再現性が見られた。夏季の特徴としては、NO_xでは二地点間で濃度差がみられるが、PNではNO_xほど大きな差がみられない。これは夏季の気温の上昇で自動車から排出された揮発性の粒子が蒸発し、交差点でのPN濃度が減少したためと推察される。夏季のPM_{2.5}は交差点と後背地の濃度差も冬季に比べて小さい。夏季は南方の風が卓越しており、他の発生源を受けていることも影響していると考えられる。

図7に交差点における風向きと濃度の関係の一例を示す。なお、冬季は池上と中留で同様の傾向であったが、夏季は池上と中留で異なる風向となっていた。池上の風速計の設置高さが低く、夏季は木の葉に影響され、代表的な風向を表していない可能性がある。そこで本研究では中留の風向風速データを用いて両地点の解析を行った。2015年1-2月、2016年1-2月の風向のデータをみると、冬季は北風が卓越し、交差点では交差点を風上とする風の場合が多く、後背地では北方の住宅街を通過してきた風を受ける状況であった。2015年7-8月は45-240度と大きくばらついていた。交差点では交差点を風下とする風、後背地では業道路側からの風が卓越することになっていて、2016年7-8月も同様の傾向であった。

図8に風向別にPM_{2.5}およびPNの濃度を平均して比較した結果を示す。表示の度数から±45度に入るデータを用いて平均した。興味深いことに交差点においては、交差点が風下となる南風（180度）の場合にPM_{2.5}が高くなる傾向にあった。交差点の南側は公園であるが、その先に製鉄所、港があることから、それら（自動車以外の発生源）の影響を受けた可能性がある。SO₂についても同様の解析を行ったところ、やはり南風の場合で濃度が高い結果であった。冬季は大部分の時間帯が北風であったことから、南にある自動車以外の発生源のフィルター試料への影響は限定的と考えられるが、風向別に整理すると夏季と同様の傾向が見えてくる。一方、PNについては、冬季は道路上で発生したナノ粒子の影響が大きく、交差点では交差点を風上とする風の場合に高濃度であった。後背地でも同様であった。夏季も交差点ではNO_xとしては、交差点を風上とする風の場合に高濃度であるため、ディーゼル車の影響を受けていたと考えられるが、PNでは逆の南風の場合に高濃度であった。特に夏季は道路上で発生したナノ粒子がすぐさま揮発するため、他の発生源由来の粒子の影響が冬季より顕著になるからと考えられる。これらの解析から、道路上だけではなく、交差点の南に自動車以外の大きな粒子状物質の発生源があり、その影響を受ける場合があること、特に、風向きの関係から夏季のPM_{2.5}、PNは、交差点であってもその影響を強く受けることが示唆された。

図9に曜日別のPM_{2.5}濃度、NO_x濃度、PN濃度を示す。ともに曜日による変化が見られた。NO_x濃度およびPN濃度は週末が低く、木曜日、金曜日あたりが高い。濃度差はある場合があるものの、夏冬二回の再現性がみられた。PM_{2.5}については再現性がなく、曜日による違いは小さいと考えられる。

表 4 期間の平均値

期間	PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		全個数濃度 [$/\text{cm}^3$]	
	池上	中留	池上	中留
2014/11/1-2016/9/30	15.2	-	2.74E+04	-
2015/1/7-2/9	20.4	14.7	4.22E+04	9.76E+03
2015/7/23-8/24	21.4	19.7	2.14E+04	1.41E+04
2016/1/7-2/8	15.6	10.0	3.39E+04	1.02E+04
2016/7/21-8/23	11.4	9.7	2.18E+04	1.31E+04

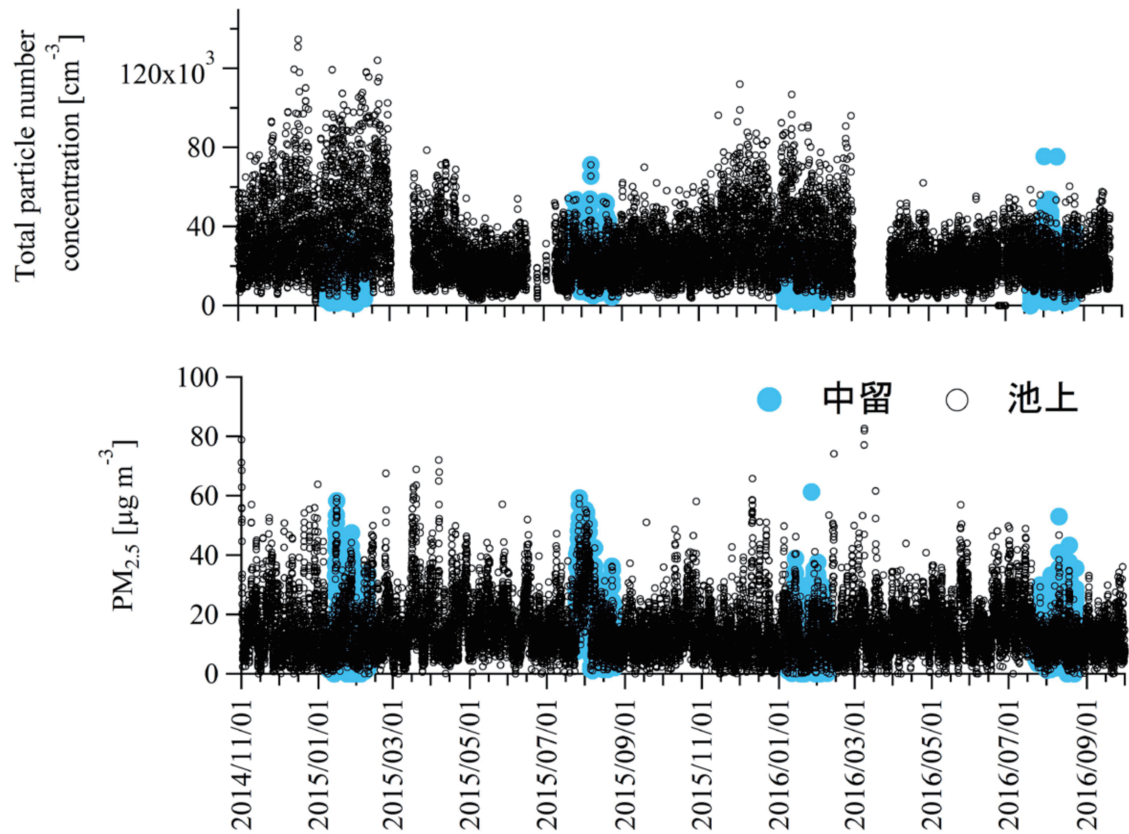


図 4 川崎臨港警察署前交差点および中留公園（後背地）における個数(PN)濃度および PM_{2.5} 濃度

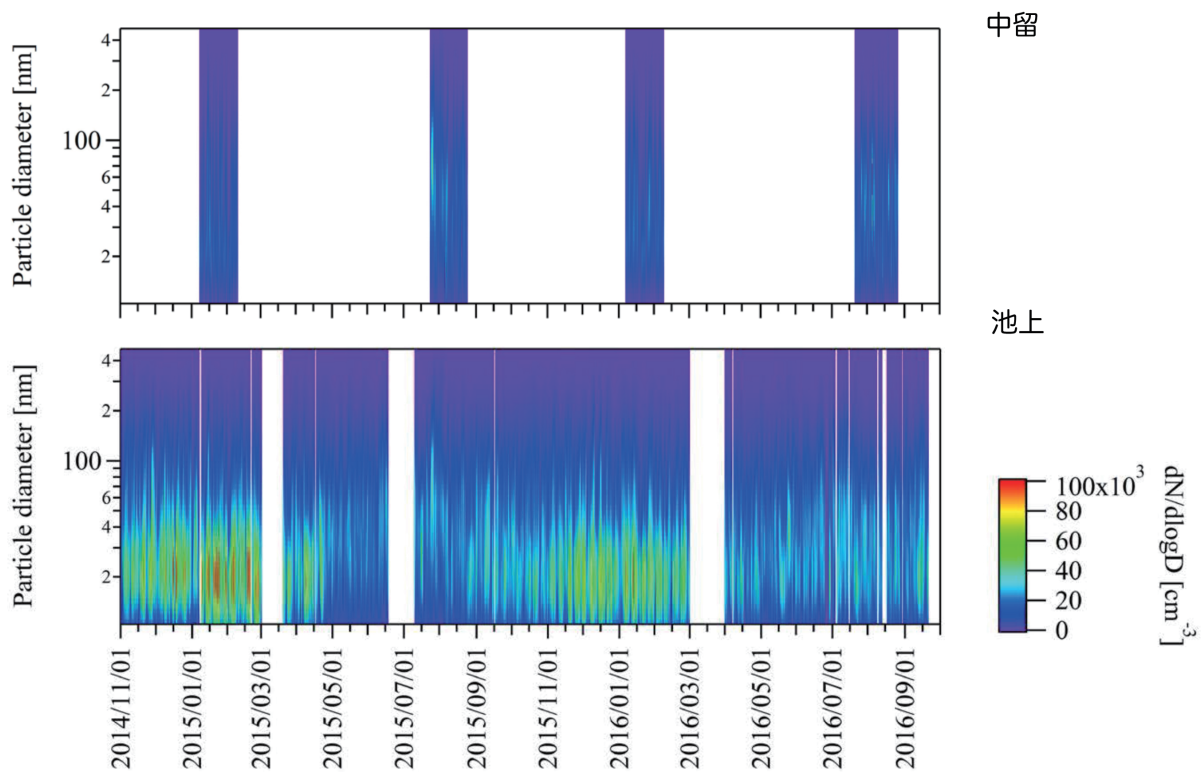


図5 川崎臨港警察署前交差点（下）および中留公園（交差点）（上）における個数粒径分布

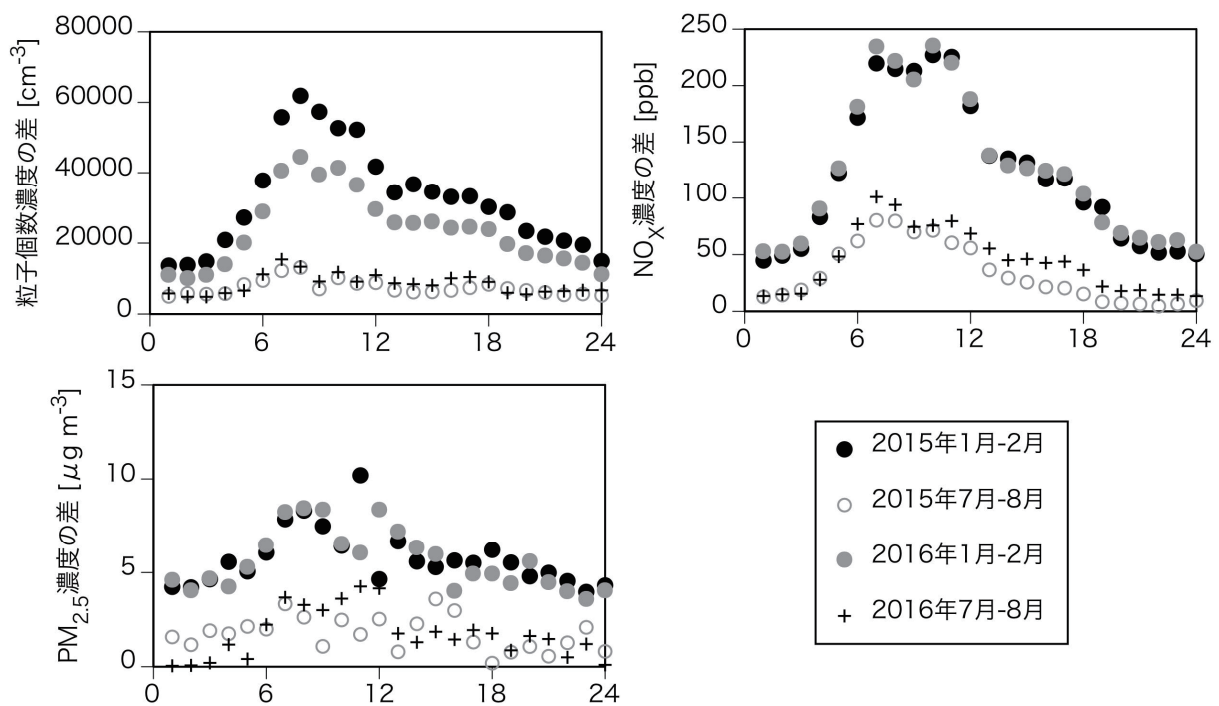


図6 交差点と後背地の濃度差の日内変化 2015年1-2月、7-8月および2016年1-2月

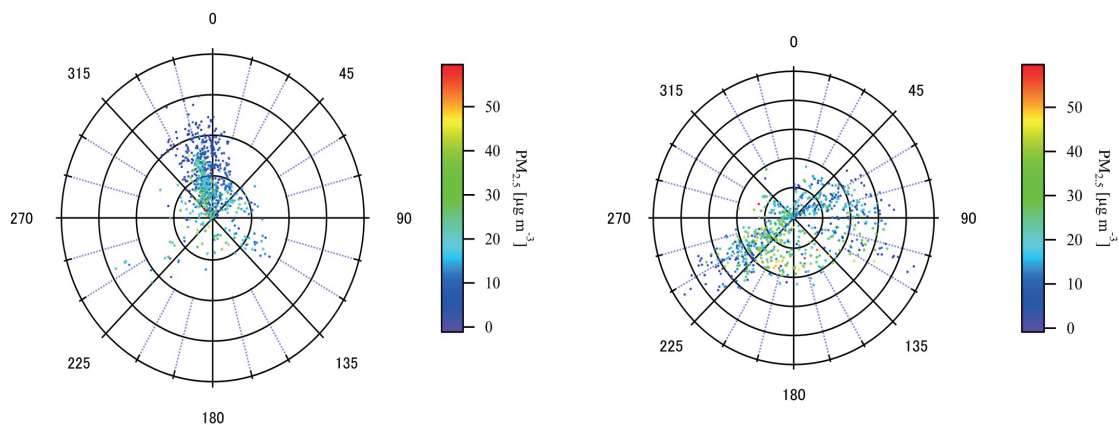


図7 PM_{2.5}と風向風速との関係 2015年1-2月(左) 2015年7-8月(右)

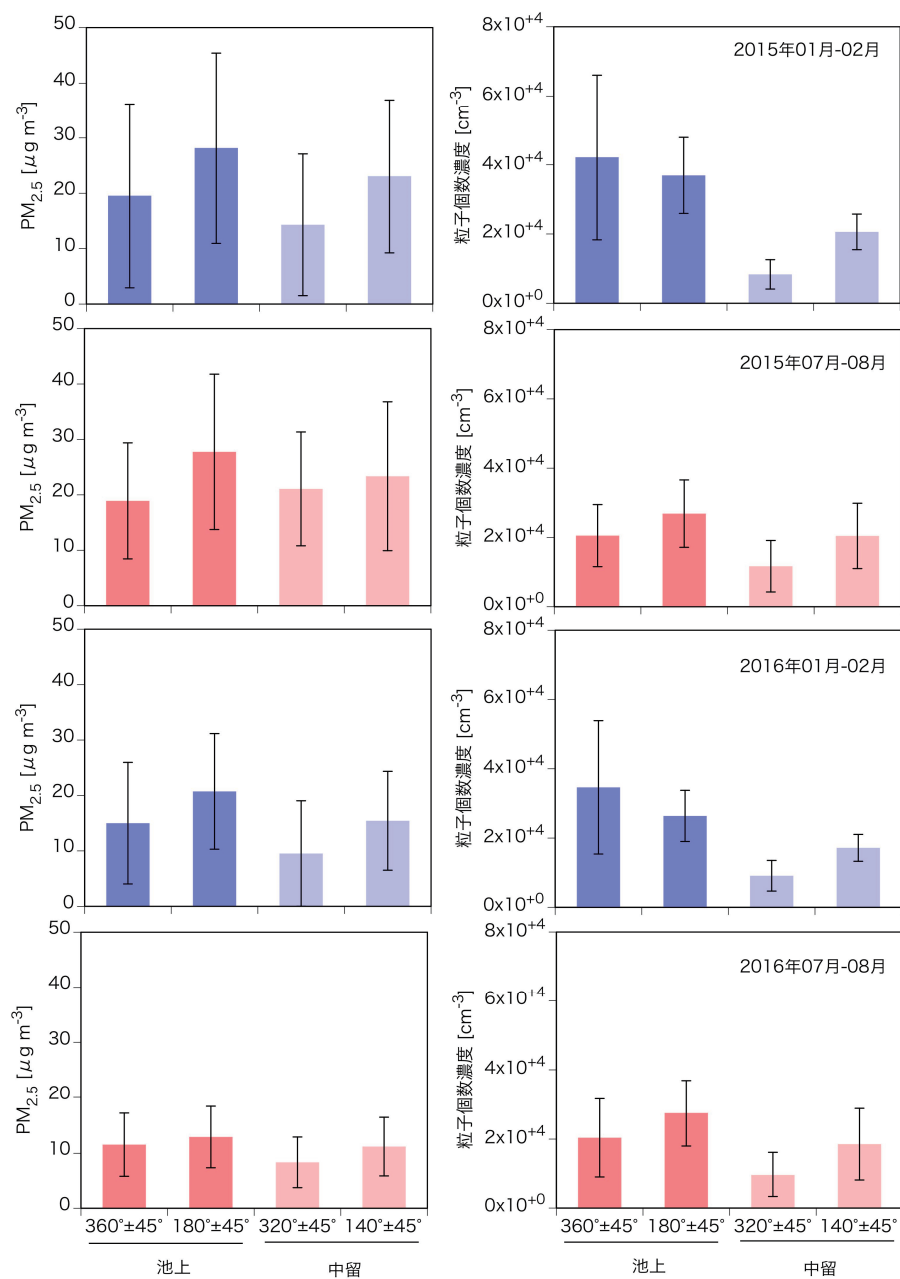


図8 平均化したPNおよびPM_{2.5}の濃度と風向との関係

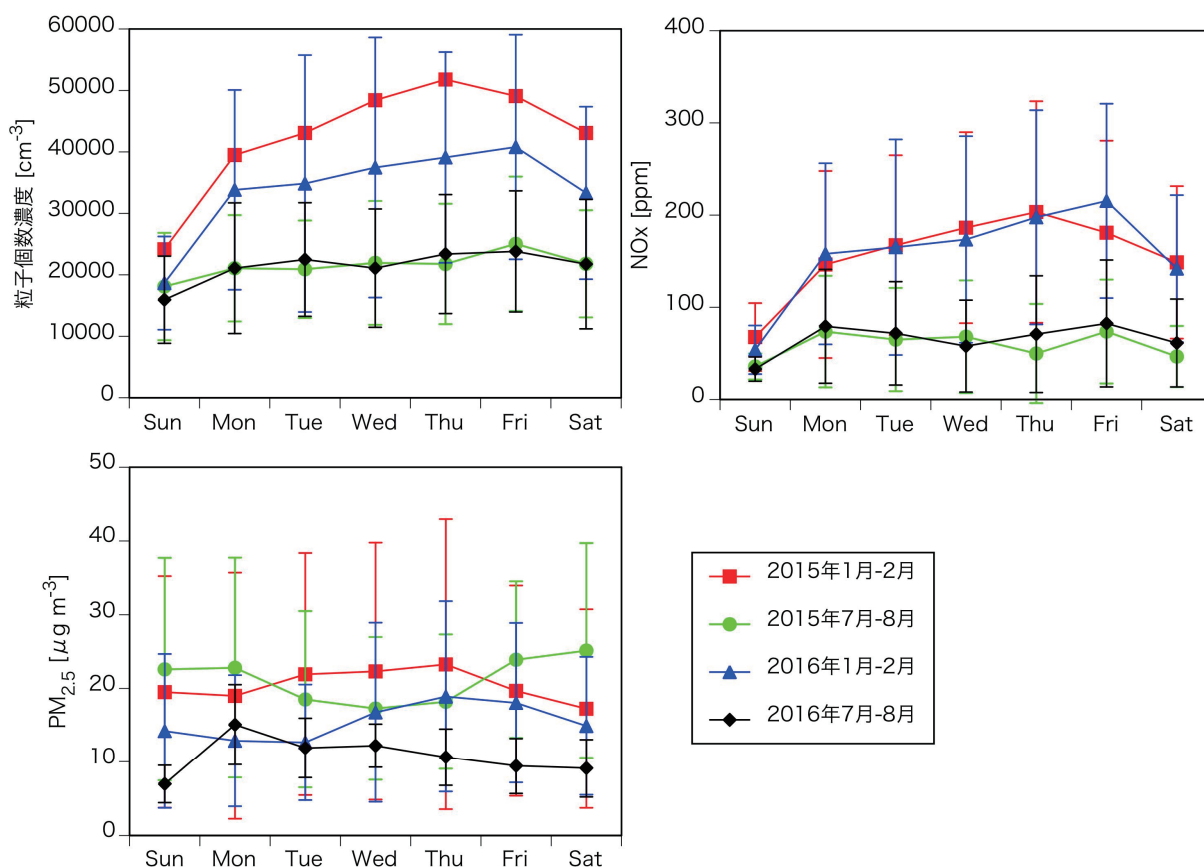


図9 曜日別の濃度（池上）

1.7.2. 沿道大気および後背地における粒径別エアロゾル試料を用いた自動車排気由来の寄与率の推定

図10から図13に粒子質量濃度に対する主成分の化学組成を示す。NanoMOUDI IIは4つの粒径区分にまとめて示した。10-56 nmはナノ粒子領域、100-320 nmはディーゼル排気に含まれる微粒子（Diesel Exhaust Particle, DEP）が最も含まれている粒径領域であり、微小粒子の小粒径側とする一方、560-1800 nmは微小粒子の大粒径側の粒径領域、3200-10000 nmは粗大粒子として区切った。いずれの粒径領域においても水溶性イオン成分がもっとも多かった。夏季も同様であった。水溶性イオン成分の中では冬季には硫酸塩、硝酸塩が、夏季には硫酸塩が卓越していた。次の成分としては、交差点ではEC、後背地ではOCが高い結果であった。

図14から図17に成分別に、各粒径濃度およびPM_{2.5}濃度、交差点と後背地の比較について示す。先の風向別の解析から、冬季の交差点と後背地の比較は、都市バックグラウンド（後背地：中留）と自動車の影響を強く受けている状態（交差点：池上）の比較となっている。一方、夏季のサンプリング期間中は、南風が卓越しており、交差点と後背地の両地点とも自動車以外の発生源の影響を受けた状況であり、交差点と後背地の比較により自動車の影響を明確に比較している状況になっているとは言い難い。全ての試料、成分で微小粒子が最も濃度が高く、粗大粒子、ナノ粒子の順となっていた。FRMサンプラーによる捕集結果はフィルターメディア別に示しているが、テフロンフィルターと石英繊維フィルターの結果はほぼ同等であった。交差点と後背地の濃度比はECの10-56 nmで特に大きかった。

次に金属成分について濃縮係数により考察した。粒径別の濃度データと元素の地殻構成比を用いて鉄、アルミニウム、ケイ素を基準にそれぞれ濃縮係数を算出し、池上（交差点）と中留（後背地）の比較をした結果を図18から図20に示す。鉄はいずれの試料でも検出されていることから基準としやすいが、特に夏季においては製鉄所の影響を受けていた可能性が否定できない。また、アルミニウム、ケイ素は試料によって不検出もしくは、測定していない試料があるため、データが揃わない場合があった。よって、ここでは比が得られた全ての結果を用いて議論することとす

る。PM_{2.5}ではMoで顕著に比が高くなる結果となった。その他の粒径では粒径10-56 nmでは、Cr、Fe、Ni、Cu、Znが顕著に比が高くなる（約10倍）観測期間があったが、Cuを除き他の観測期間では再現性はなかった。粒径100-320 nmでは、Cr、Ni、Cu、Moの比が高かった（約2-5倍）。粒径560 nm以上ではTi、Co、Ni、Hgが高かった（2-20倍）。Moは地殻の構成比としては1.5 ppmと小さいが、エンジンオイルに含まれている元素である。粉じんの再飛散実験による国立環境研究所の内部データによると、道路の巻き上げ粉じんには、Cr、Ni、Cu、Zn、Mo、Pbが地殻の含有量に比べて5倍以上含まれていた。また近年のブレーキ摩耗粉じんにはFe、Cu、Znが含まれているという報告（萩野ら、2016）がある。これらの測定では粗大粒子だけでなく、PM_{2.5}でもこれらの元素が検出されている。交差点と後背地の比較から、交差点では排気由来と考えられるMoや、巻き上げ粉じんやブレーキ摩耗粉じん等の非排気由来と考えられる多くの元素種の濃度がエンリッチしていることが分かった。再現性がみられない場合もあったため、今後の課題としては試料数を増やして検証する必要があると考えられる。

図21から図24にSP-AMSの測定結果を示す。図21、22は風向別にデータをまとめた。本解析では風向は池上で得られたデータを用いた。表示の方向から±45度の範囲のデータを平均して得た。夏季、冬季とも有機物は主成分（有機物、rBC、硝酸（塩）、硫酸（塩）、アンモニウム、塩化物（Chl））の約半分を占めていた。冬季は次に硝酸塩、硫酸塩の順であった。夏季は硫酸塩の濃度が高くなり硝酸塩の濃度は著しく下がった。これは気温が高いため粒子態として存在しにくく気相に多く存在していたためと考えられる。微量成分ではFeが多くを占めていた。なお、微量成分に示した成分はフィルター法と比較して良い一致を示していたものに限っている。風向別の濃度を比較すると、PM_{2.5}等と同様に、主成分、微量成分ともに、南方からの風、すなわち交差点を風下とする方向から吹く風の時間帯の方が高濃度となる結果であった。

冬季の日内変化では、有機物と硝酸塩の濃度が大きく変動していた。有機物は7時台と19時台にピークが見られた。硝酸塩の朝方のピークは有機物のピークから少し遅れて8時台になっており、13時台にもピークが見られた。rBCは7時台のみのピークであった。朝方の濃度の増加は自動車の走行量が増えたためであり、NO_xや個数濃度の変化も同様であった。普通貨物車の走行パターンは4時台から6時台にかけて急増した。14時までは走行量が多い状況であり、14時台から急激に減少した。この走行量の変化に加えて、日中大気境界層が発達するため、地表付近の汚染物質の濃度が薄まり、rBCなどは朝方のみのピークとなったと考えられる。夕方の有機物濃度の増大は自動車起源以外にも要因があったと考えられる。また、硝酸塩の朝方のピークのずれや日中のピークは主には自動車排気由来の窒素酸化物を前駆物質とする二次生成が寄与していると推察される。一方、夏季の日内変化は、朝方の有機物とrBCの増加は冬季と同様の結果であったが、有機物や硫酸塩は日中にも濃度が高いままで、冬季とは異なった。これは二次生成が原因と考えられる。

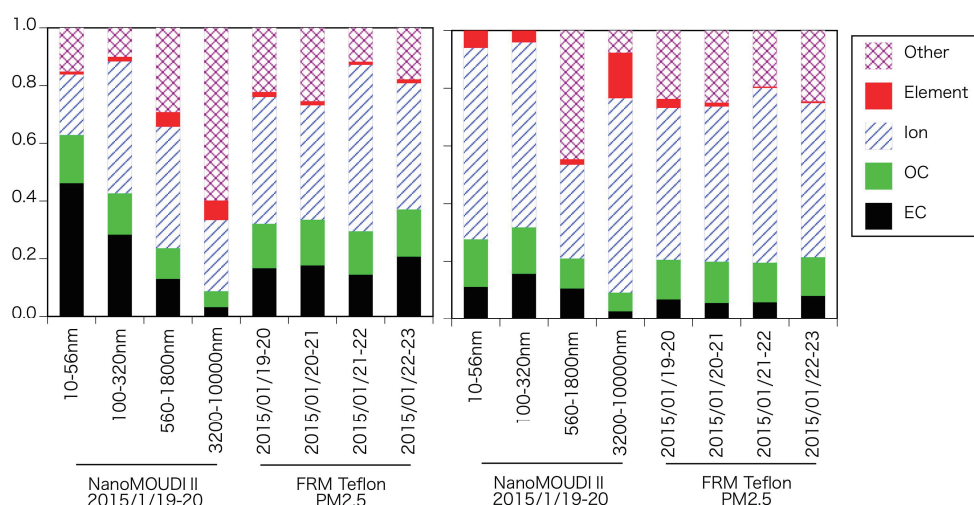


図10 化学組成 2015年1月 池上（左） 中留（右）

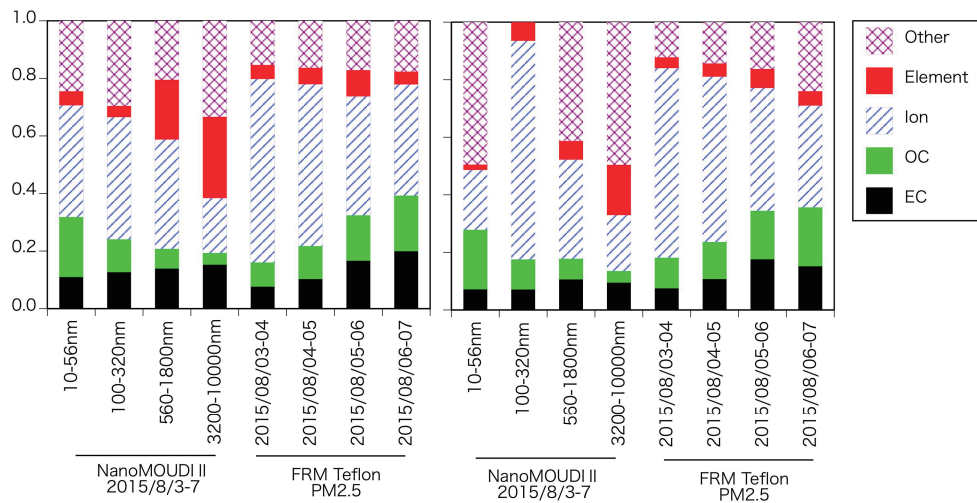


図 11 化学組成 2015 年 8 月 池上 (左) 中留 (右)

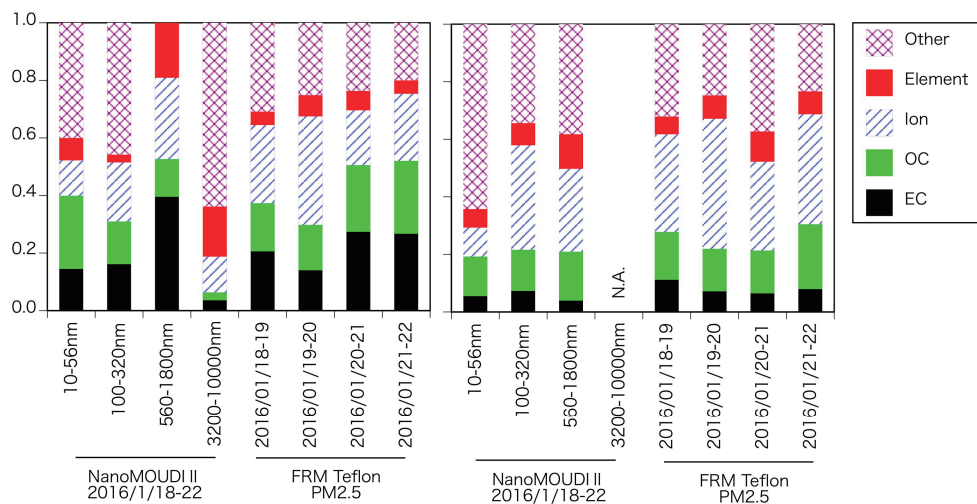


図 12 化学組成 2016 年 1 月 池上 (左) 中留 (右)

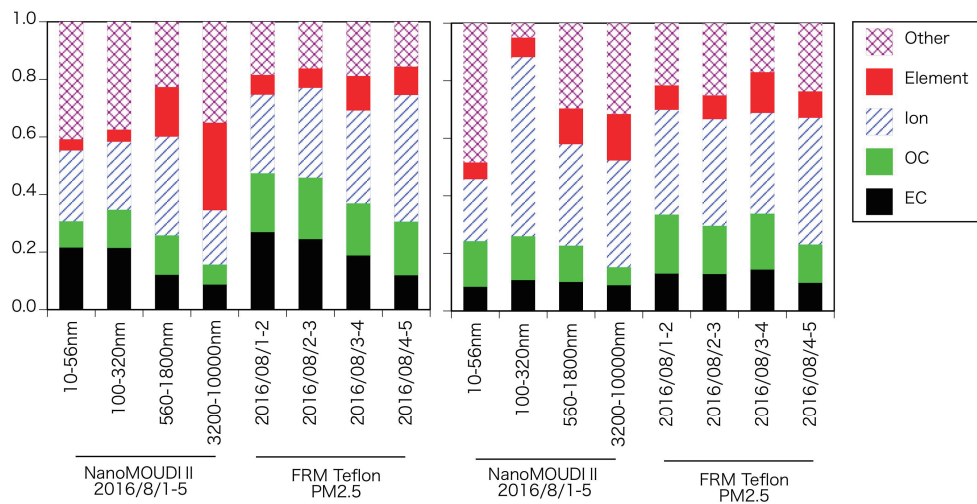


図 13 化学組成 2016 年 8 月 池上 (左) 中留 (右)

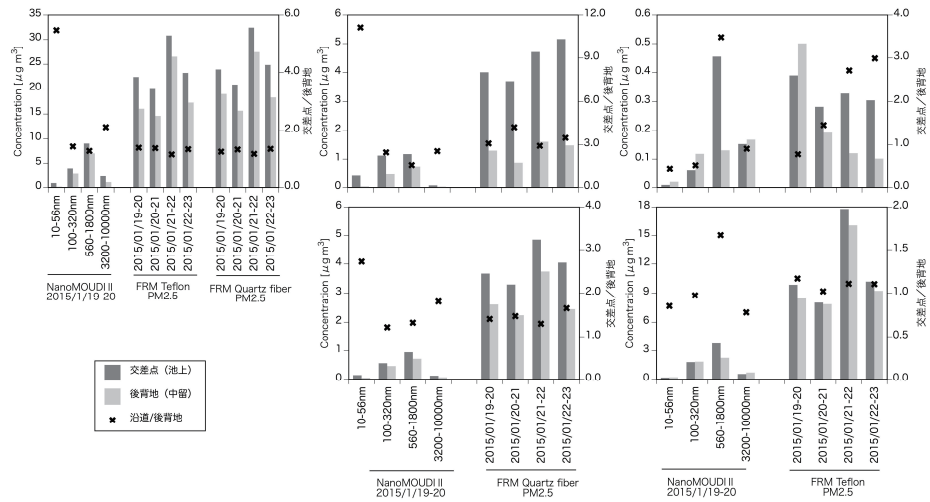


図 14 濃度比較 2015 年 1 月 質量 (左) 元素状炭素 (中央上) 有機炭素 (中央下) 元素 (右上) 水溶性成分 (右下)

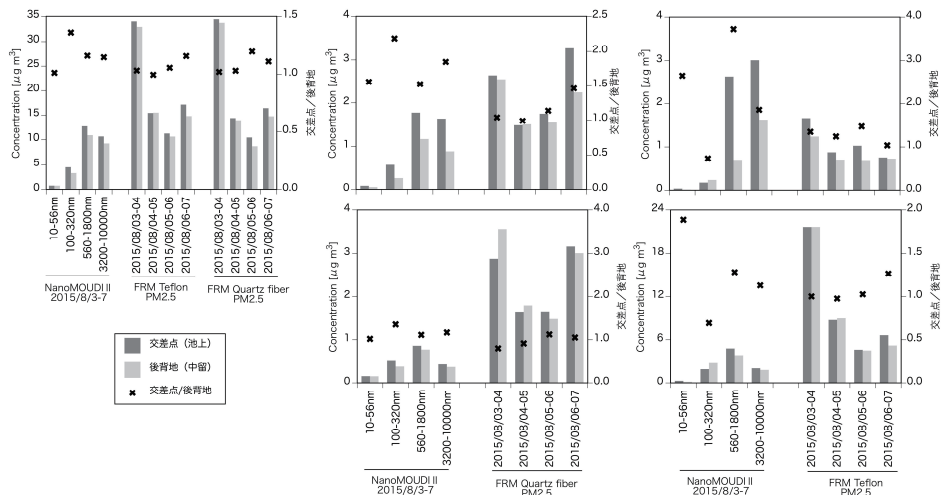


図 15 濃度比較 2015 年 8 月 質量 (左) 元素状炭素 (中央上) 有機炭素 (中央下) 元素 (右上) 水溶性成分 (右下)

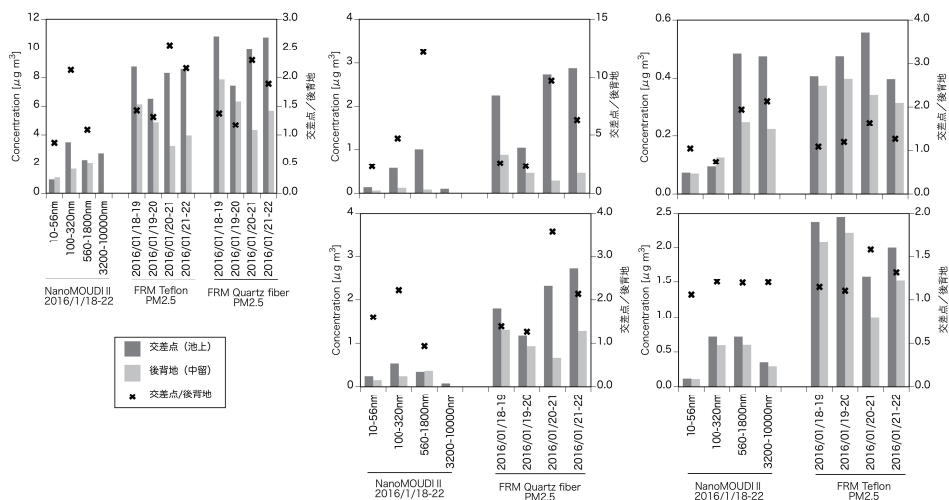


図 16 濃度比較 2016 年 1 月 質量 (左) 元素状炭素 (中央上) 有機炭素 (中央下) 元素 (右上) 水溶性成分 (右下)

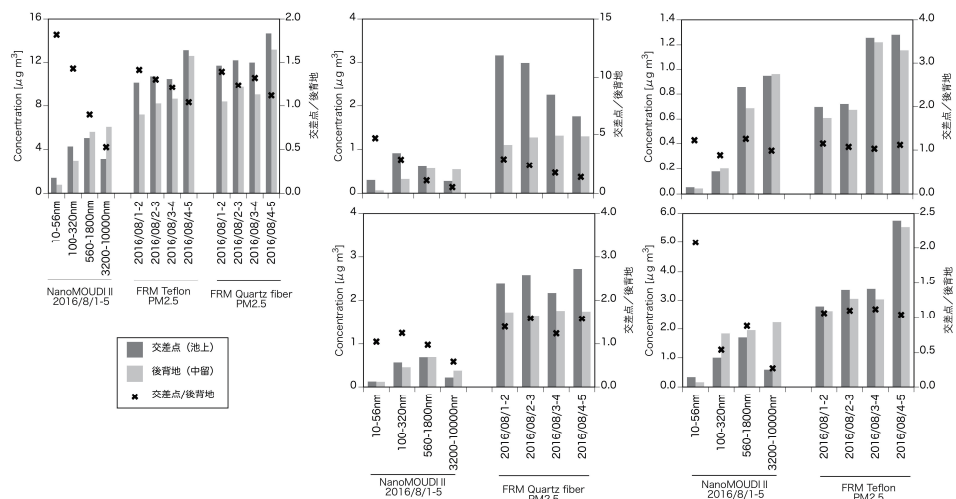


図 17 濃度比較 2015 年 8 月 質量 (左) 元素状炭素 (中央上) 有機炭素 (中央下) 元素 (右上) 水溶性成分 (右下)

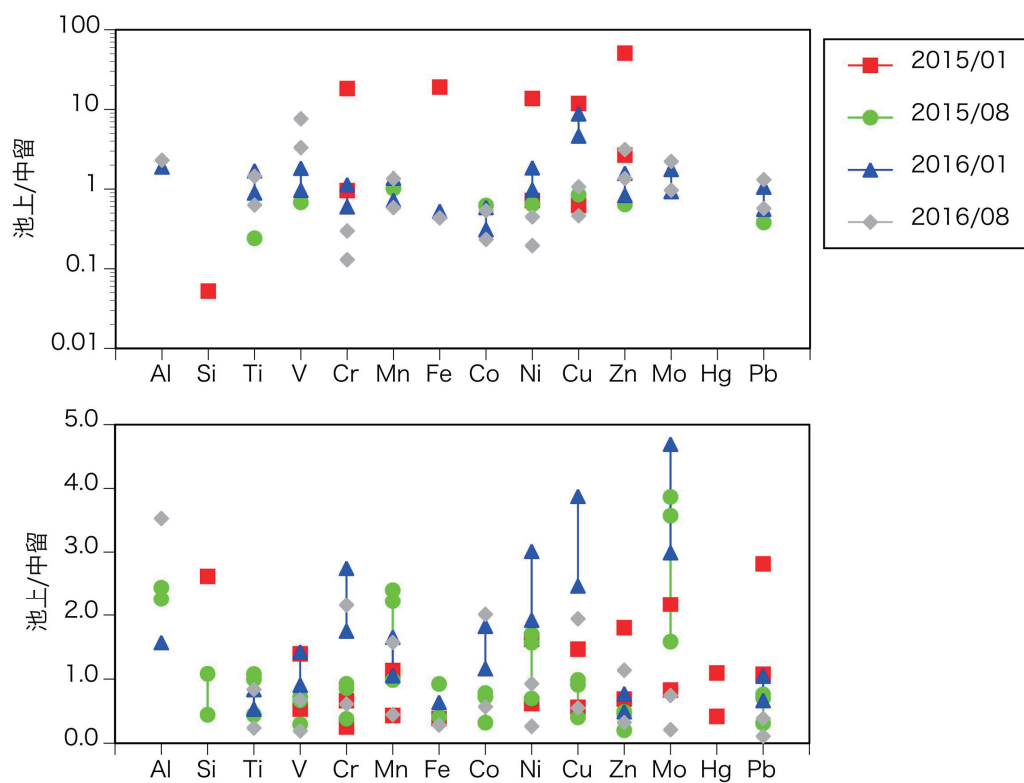


図 18 地殻構成比に対する濃縮係数の交差点と後背地の比較 粒径 10-56 nm (上) 粒径 100-320 nm (下)

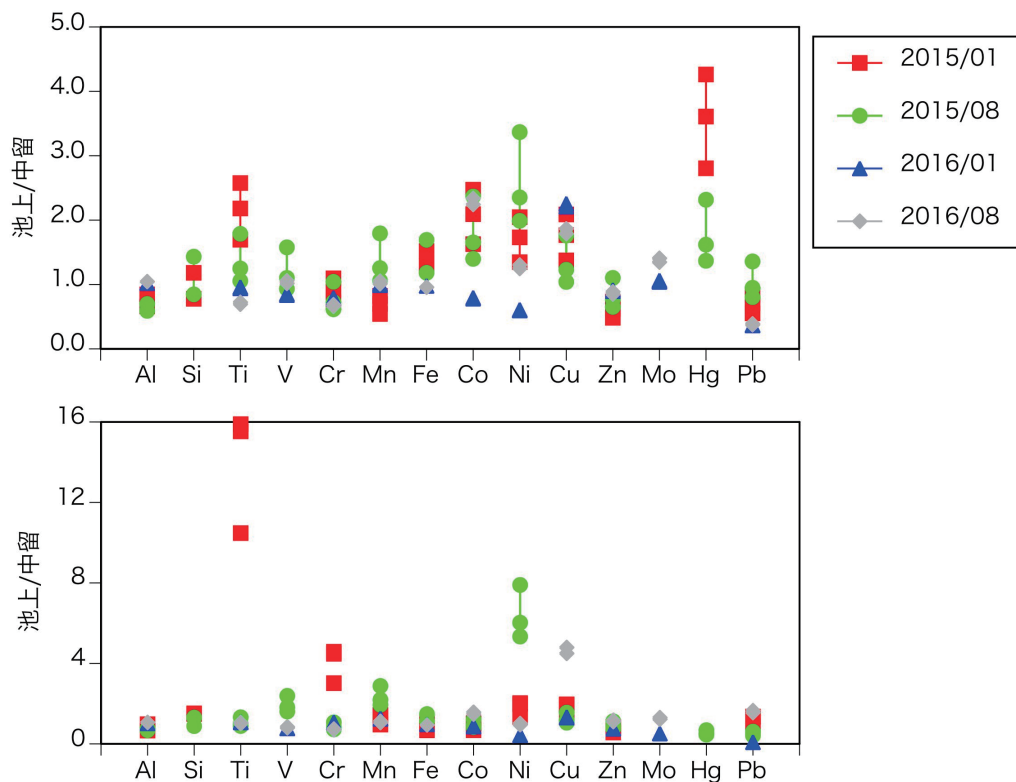


図 19 地殻構成比に対する濃縮係数の交差点と後背地の比較
 粒径 560-1800 nm (上) 粒径 3200-10000 nm (下)

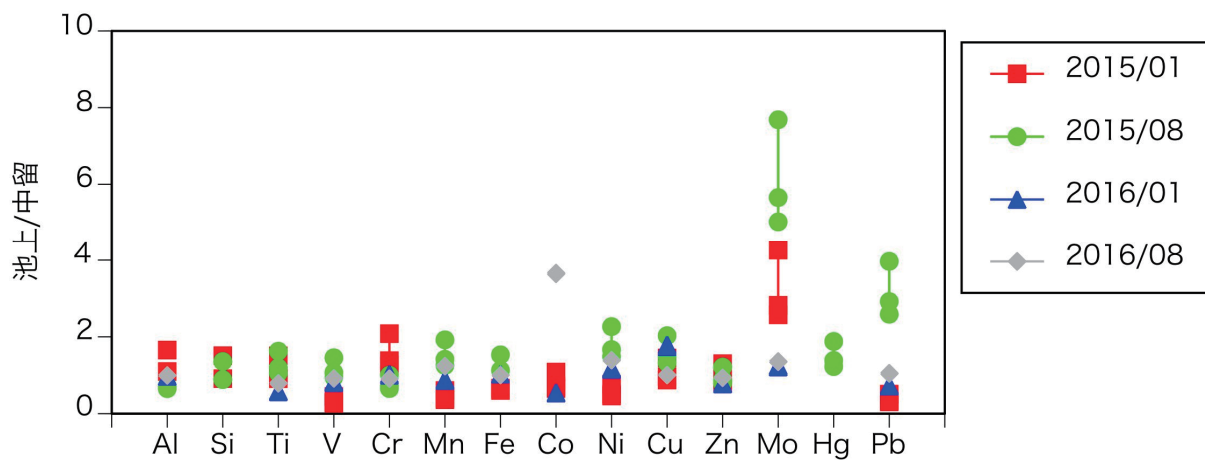


図 20 地殻構成比に対する濃縮係数の交差点と後背地の比較 PM_{2.5}

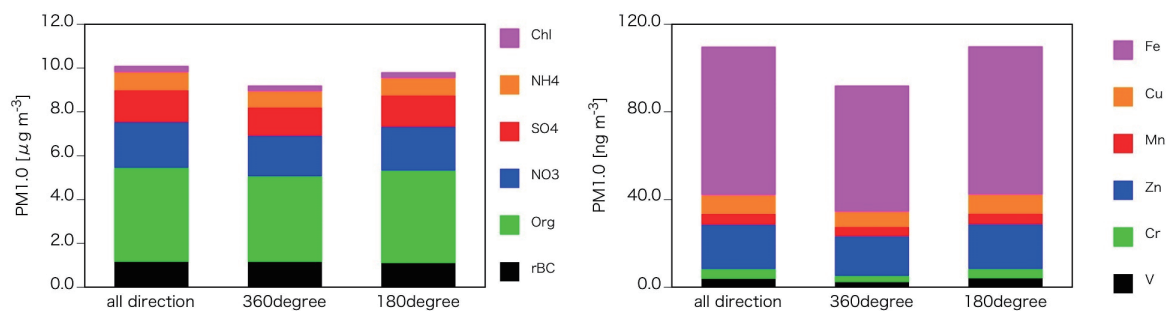


図 21 SP-AMS による連続測定結果 風向の影響（冬季）

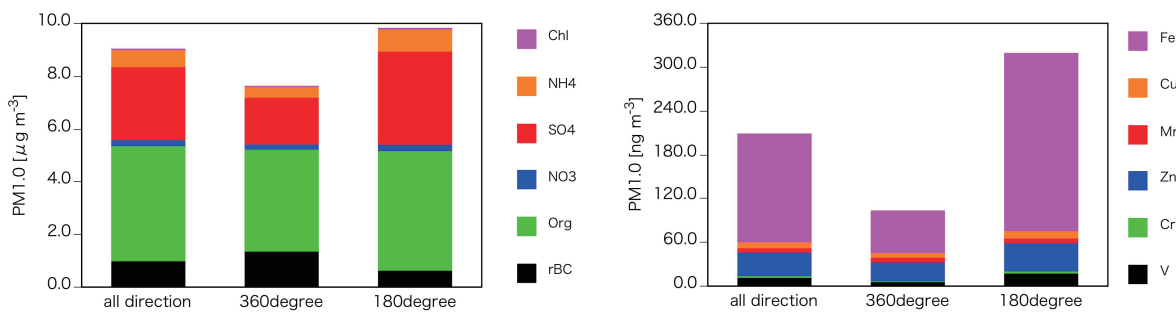


図 22 SP-AMS による連続測定結果 風向の影響（夏季）

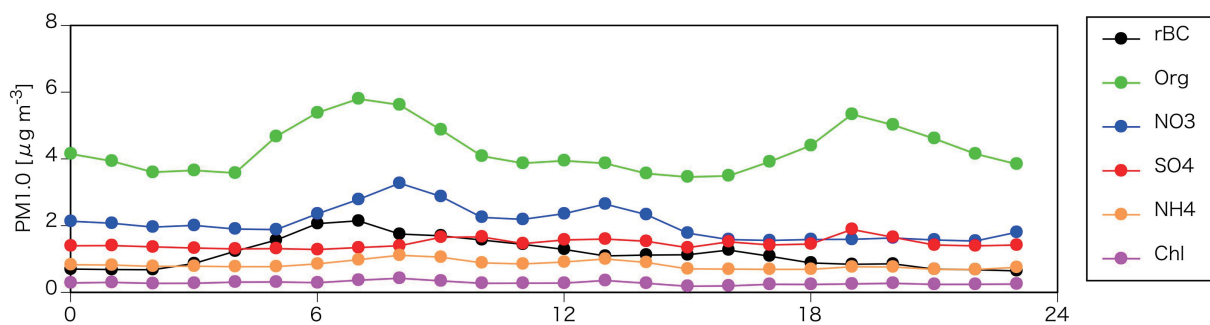


図 23 SP-AMS による連続測定結果 日内変動（冬季）

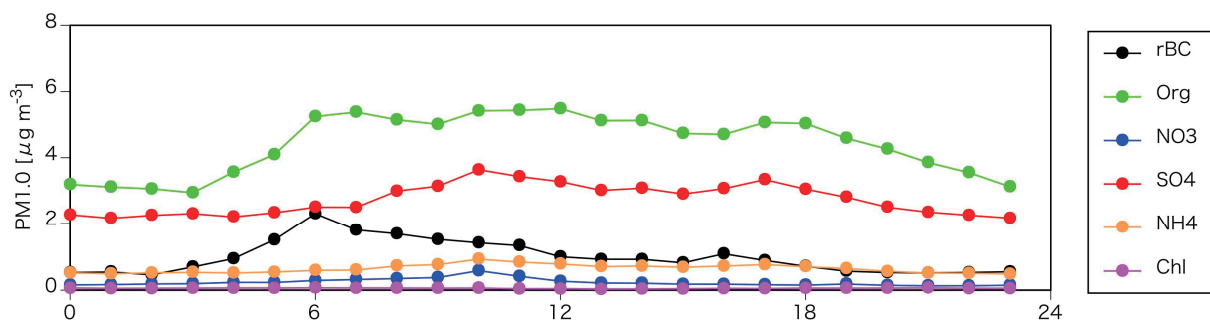


図 24 SP-AMS による連続測定結果 日内変動（夏季）

次に、昨年度に引き続き長期的な大気濃度の変動の要因について考察した。今年度は冬季と夏季に分けて考察した。

図 25 および図 26 に規制年別に排出係数を設定し、ディーゼル普通貨物車の排ガス規制年別の走行量をかけあわせて 2005 年の PM 排出量を 1 としたときの相対的な経年変化を大気濃度の経年変化とともに示す。排ガス規制年別の走行量はナンバープレート調査の結果を基にした。また、排出係数の推計は排出量推計手法検討 WG で行った。2014 年以降は、規制年別の排出量の経年変化から外挿を行い、足し合わせて得た。大気濃度は本交差点において、国立環境研究所が取得したデータを用いた。昨年度とは異なり、季節で分けて解析した。大気濃度としては、粒径 10 nm-500 nm の個数濃度 (PN) の二ヶ月間 (夏季は 7-8 月、冬季は 1-2 月) の平均値、EC、OC、PM はカスケードインパクトで 5 日間連続捕集された試料のデータである。また、期間の代表性を担保するために、捕集期間の 5 日間とその日を含む二ヶ月間 (夏季は 7-8 月、冬季は 1-2 月) の SMPS データを比較して濃度差を補正した。また、 $PM_{2.5}$ の区間は、NanoMOUDI II で得られた粒径分布から対数正規分布を仮定して計算して得た。なお、観測小屋での測定は 2003 年から開始されているが、PN、EC の情報が他の年度と直接比較できない状態のため 2005 年を基点とした。

図 25 に冬季の結果を示した。2005 年から 2006 年にかけて交通量の大幅な減少に伴い PM 排出量が大幅に減少した。この時期、ディーゼル車が主な発生源である $PM_{2.5}$ 中の EC の大気濃度も大きく低下しており、PM 排出量に追随しているように見える。また、 $PM_{0.1}$ は成分によらず概ね排出量の低下に伴って低減している。これらの粒径区分の成分は自動車が発生源であることに起因していると考えられる。一方、2008 年以降の個数濃度 (PN) は横ばい傾向であり、PM 排出量の傾向とは明らかに異なる。PN は道路近傍で高く、道路から離れると急激に濃度が下がり、道路から 50m 程でほとんど変化しない (Fujitani et al., 2012) 傾向があり、自動車起源と考えられるが、PN の長期トレンドは PM の排出量と合っていない。これは、排出ガス規制が粒子質量ベースであることに起因し、個数ベースとしては規制しきれていない、あるいは他の環境中の要因と絡み複合的な要因があることを示唆している。さらに、 $PM_{2.5}$ や $PM_{2.5}$ 中の OC も排出量に対して若干減少が鈍くなっており、他の発生源の寄与が考えられる。

図 26 は夏季の比較の結果であるが、自動車由来の排出量の低下に追随しているものは $PM_{0.1}$ 中の EC 濃度のみであり、このことは $PM_{0.1}$ 中の EC は自動車の寄与が大きいということを表していると考えられる。夏季は南方からの風が卓越するため、他の成分や粒径の粒子は自動車由来以外の発生源の影響を受けていたため、自動車の排出量との関係が小さかったことと推察される。

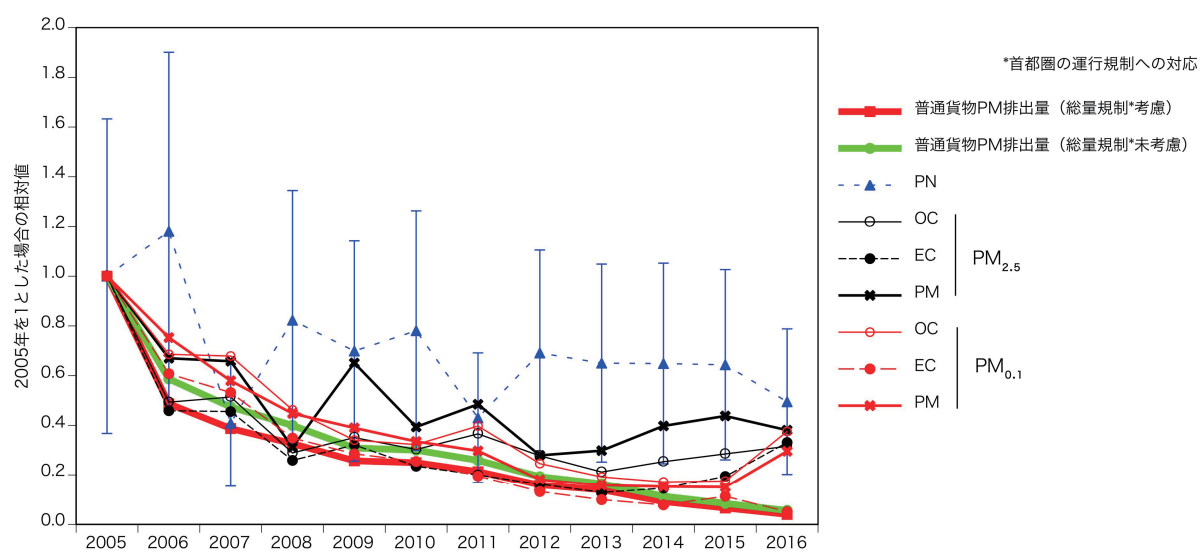


図 25 交差点における長期データ比較 (冬季)

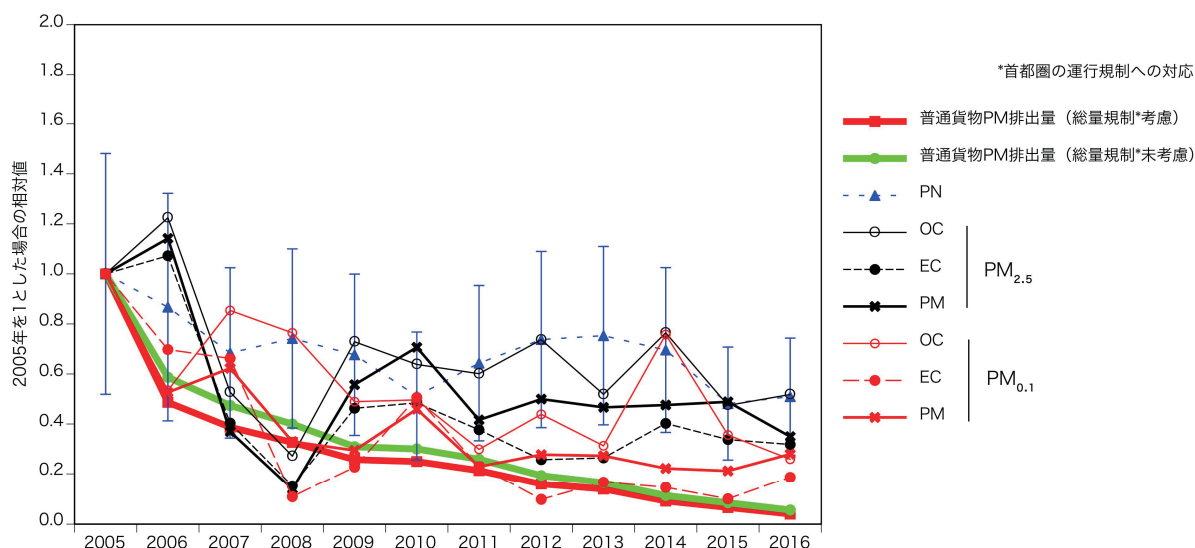


図 26 交差点における長期データ比較（夏季）

1.7.3. データの解析

これまで得られたデータを元に、様々な手法により自動車から排出される粒子の寄与率の推定を行った。

図 27、28 に池上（交差点）の冬季における $PM_{2.5}$ と $PM_{1.0}$ 中の有機物 Org ($PM_{1.0}$ Org) の寄与割合および普通貨物車の走行量の日内変動を示す。 $PM_{2.5}$ は池上の観測地点が幹線道路（交差点）の風下となった時の池上（交差点）と中留（後背地）の値の差分をとり、増加分を自動車の寄与として計算した結果である。また $PM_{1.0}$ Org は $C_3H_7^+$ イオン (m/z 43) を指標としたトレーサー法により計算した。 $C_3H_7^+$ イオンは炭化水素類から検出され、DEP 中の有機物は燃料やエンジンオイル起源の炭化水素類が含まれているために、交差点においては DEP の良い指標となることが考えられる。国立環境研究所の施設で、運転条件やエンジンが異なる 3 種のディーゼル排気の測定を行ったところ、有機物と $C_3H_7^+$ の比が平均約 9.5 ($SD \pm 0.4$) といずれも近い値をとっていた。一方、同じ燃烧発生源である稲わらや木材の燃烧時の測定では約 30 となるなど、 $C_3H_7^+$ イオンの含有率が極めて少ない。 $PM_{1.0}$ Org に対する寄与は風下時のデータ、全ての風向き時のデータで算出した。寄与率をみるといずれの手法でも 25-50% ほどの間で推移していた。朝方の走行量の変化と同期して寄与率も増大しており、日中は境界層の発達や二次生成粒子等の影響で寄与が下がった。なお、 $PM_{2.5}$ の連続測定値の差から求めた寄与率は、交差点と後背地の間に発生源がある場合は自動車排気としての寄与の過大評価となる。また、 $PM_{1.0}$ Org の方は $C_3H_7^+$ イオンが自動車排気以外からも寄与がある場合は、自動車排気としての寄与の過大評価となることに注意が必要である。

図 29 に長期データで得られた大気濃度（期間の代表性を担保した濃度）と普通貨物車の排出量の比較をした。この比較は交差点の風下となる冬季のデータに限った。排出量と大気濃度は良い相関関係が見られた。ここで、排出量をゼロにした場合の濃度を都市バックグラウンド濃度として自動車排気の寄与を評価したものを図 30 に示す。近年になるにつれて、おおむね寄与が減少していることが分かる。また、EC は寄与が比較的高く、いずれの成分も粒径が小さい方が高い寄与であることが分かる。この手法は他の発生源に基づくバックグラウンド濃度が長期間同じ濃度であるという前提に基づくため、その点に注意が必要である。

次に SP-AMS データの Org を対象とし、Positive Matrix Factorization (PMF) 解析を行った結果を示す。解析は PMF Evaluation Tool (ver. 2.08D) (Ulbrich et al., 2009) により行った。PMF 解析とは一種の因子分析手法であり、有機物の時系列データは次のように表される。

$$Org_{ij} = \sum_{p=1}^P ts_{ip} ms_{pj} + e_{ij}$$

ここで

Org_{ij} : 時刻 i のイオンフラグメント j の濃度
 Ts_{ip} : 時刻 i のファクタ p の濃度
 Ms_{pj} : ファクタ p におけるイオンフラグメント j の寄与
 e_{ij} : 時刻 i のイオンフラグメント j の残渣
 P : ファクター数

である。また、推定の誤差を次式で表す。

$$Q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{e_{ij}}{\sigma_{ij}} \right)^2$$

ここで σ_{ij} : 測定誤差である。

Q 値は因子数を増やすと小さくなり、Q 値が最小となる因子数を選択することになるが、現実的には因子数を増やすと、大気の実現象との対応が難しいこともあり、本研究では因子数を 6 とした。

図 31 に 2016 年 1-2 月のデータを解析した結果、得られた各因子の濃度と寄与の日内変動を示す。因子の日内変動パターン、既知の発生源や物質、あるいは過去に得られた質量スペクトルとの類似性、他の汚染物質濃度との相関関係などから、総合的に各因子を解釈した。ここでは整数質量数の結果に基づくが、高分解能質量スペクトル (HR スペクトル) の PMF 解析結果とも合わせて解釈した。因子 1 (F1) および F4 はそれぞれ低揮発性含酸素有機エアロゾル (LV00A) および半揮発性含酸素 OA (SV00A) と解釈した。これらは m/z 44 の CO_2^+ あるいは m/z 43 の $C_2H_3O^+$ と相関が高いこと、HR スペクトルの PMF 結果で得られている酸素炭素比から判断した。F2 は調理由来有機物 (COA) と解釈した。これは朝昼夜と濃度が増加していること、肉料理や過去に COA と解釈された質量スペクトルと類似していること、COA の指標である m/z 98 の $C_6H_{10}O^+$ の時間変動と極めて高い相関があること、交差点付近には焼肉店が多く存在することなどが理由である。F3、F6 はそれぞれ発生直後の炭化水素 (HOA)、HOA に近い含窒素有機物 (NOA) と解釈した。これらの因子は朝方に大きなピークがあること、交差点側からの風向時に高濃度であること、先に示した炭化水素の指標である m/z 43 の $C_3H_7^+$ や m/z 55 の $C_4H_7^+$ 、rBC や NO_x 濃度と相関が高いこと、DEP の質量スペクトルと特に類似していることを根拠とした。NOA は HR スペクトルの結果から窒素酸素比が他の因子と比べて高いことからそのように解釈した。最後に F5 をバイオマス燃焼由来の因子と解釈した。野焼き由来の質量スペクトルとの類似性やレボグルコサン粒子の質量スペクトルと比較的近いこと、またレボグルコサンに特徴的な m/z 57 の $C_4C_9^+$ もしくは $C_3H_5O^+$ 、 m/z 60 の $C_2H_4O_2^+$ 、 m/z 73 の $C_3H_5O_2^+$ の特徴がみられ、さらには m/z 29 が支配的であった (萩野ら、2008) ことが理由である。ただし、HR スペクトルの PMF 結果では同様の特徴がみられず、解釈の精査が必要である。HOA、HOA に近い NOA を自動車排気由来とすると、 $PM_{1.0}$ 中の有機エアロゾルへの寄与は約 32%

(HOA:18%、NOA:14%) であった。なお、HOA や NOA は自動車以外の例えば石油燃焼等の寄与も含まれている可能性があるため、この割合は自動車排気寄与としては上限と考えられる。

図 32 に 2016 年 7-8 月のデータを解析した結果、得られた各因子の日内変動と寄与を示す。因子 1 (F1) および F2 はそれぞれ LV00A および SV00A と解釈した。F3 は COA、F4、F5 はそれぞれ HOA、HOA に近い NOA と解釈した。冬季と同様の理由である。F6 は船舶およびあるいは製鉄所由来の OA と解釈した。これは南風の際に濃度が高くなること、 SO_2 、V、Fe の濃度とも他の測定項目と比較すると相関が高いことが挙げられる。HOA、HOA に近い NOA を自動車排気由来とすると、 $PM_{1.0}$ 中の有機エアロゾルへの寄与は冬季と同様約 30% (HOA:8%、NOA:20%) と見積もられた。

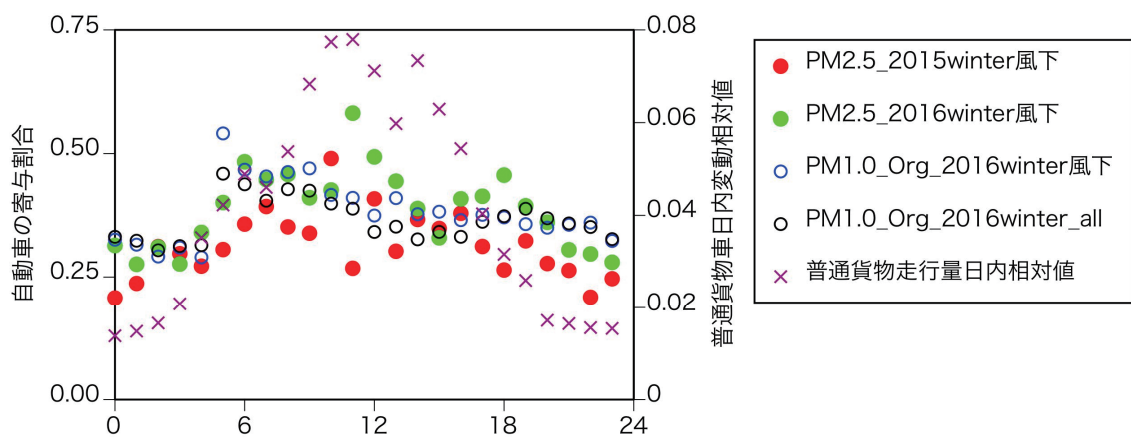


図 27 自動車寄与割合の日内変動（冬季）

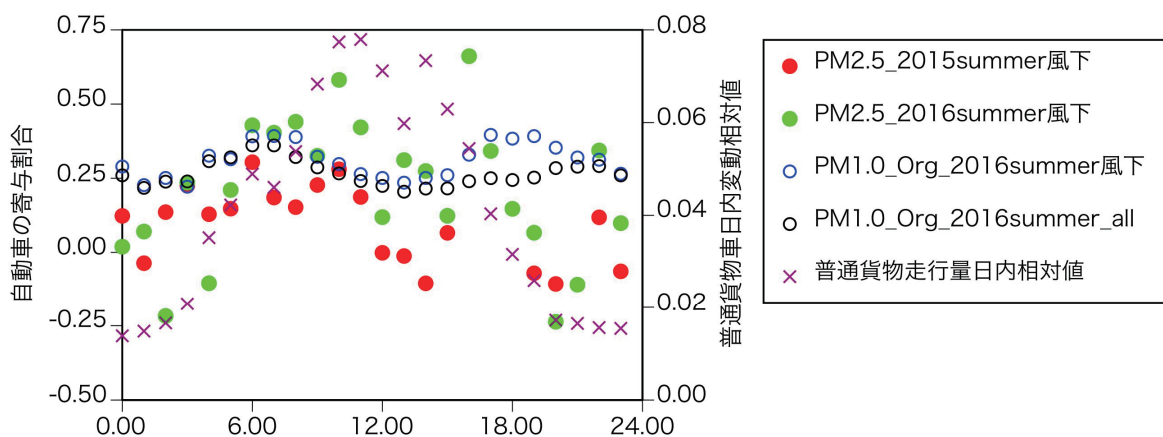


図 28 自動車寄与割合の日内変動（夏季）

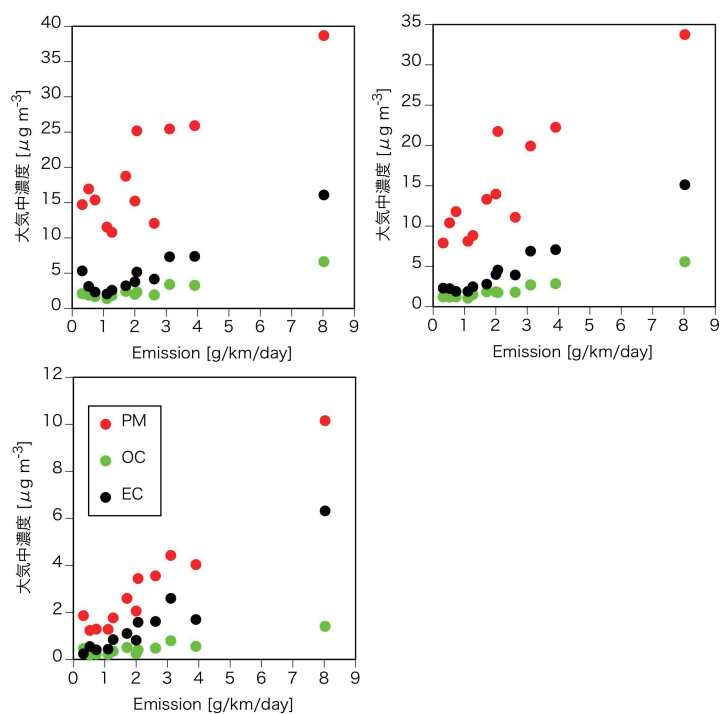


図 29 普通貨物 PM 排出量と冬季大気濃度の関係
PM_{2.5}（左上） PM_{1.0}（右上） PM_{0.1}（左下）

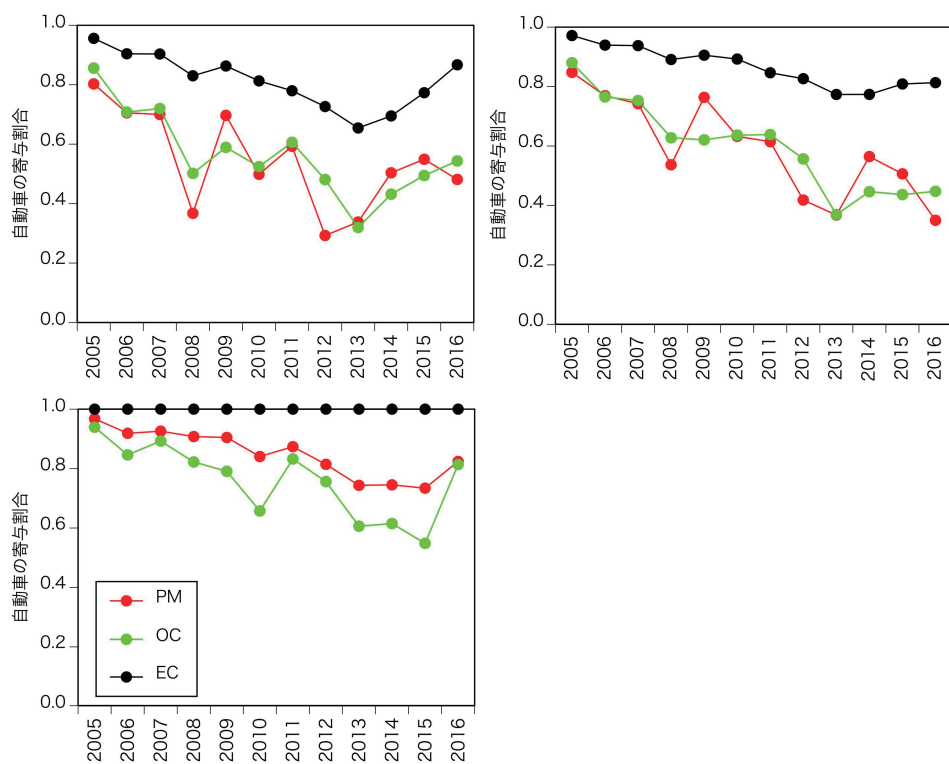


図 30 冬季の測定結果に基づく自動車寄与割合の経年変化
PM_{2.5} (左上) PM_{1.0} (右上) PM_{0.1} (左下)

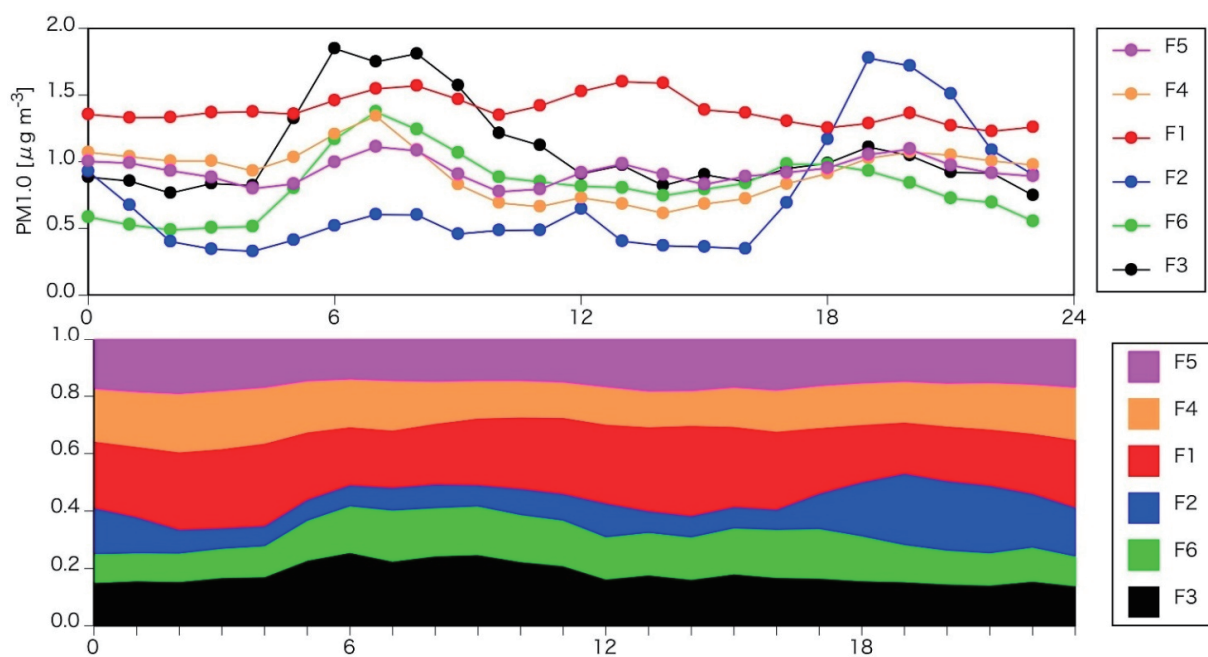


図 31 SP-AMS データの PMF 解析の結果 2016 年 1-2 月

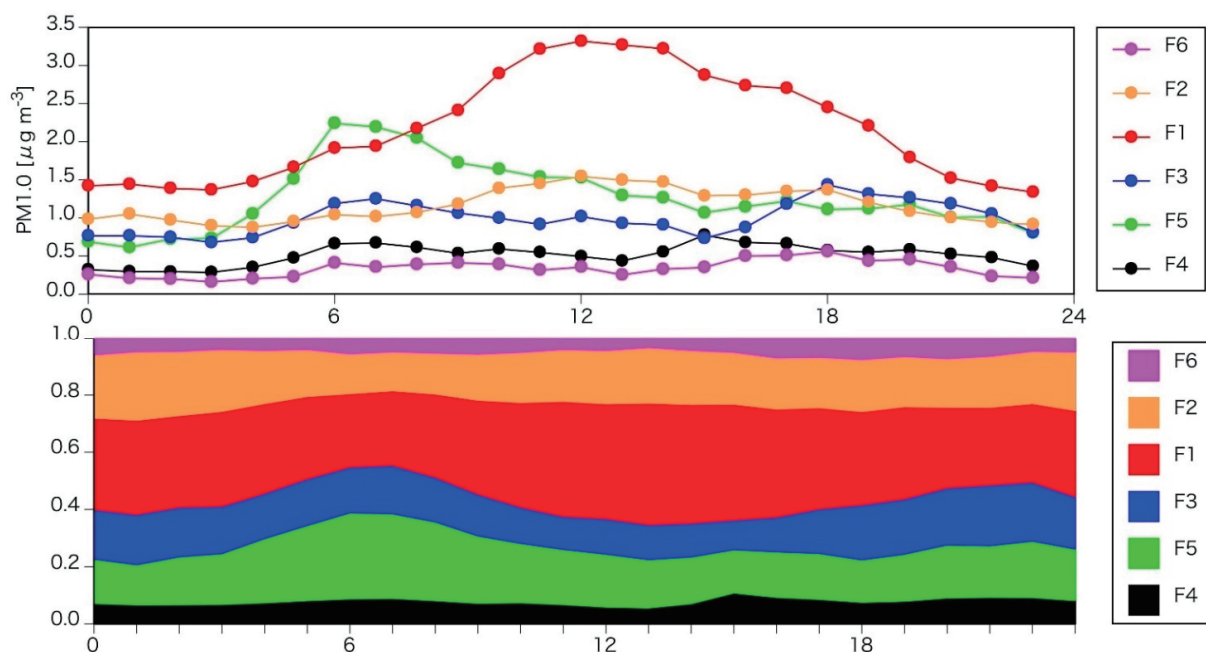


図 32 SP-AMS データの PMF 解析の結果 2016 年 7-8 月

さらに、池上、中留の FRM 試料（2015 年 1 月、2015 年 8 月、2016 年 1 月、2016 年 8 月）、池上、中留の NanoMOUDI II 分級試料（2015 年 1 月、2015 年 8 月、2016 年 1 月、2016 年 8 月）、および 2007 年 12 月の池上の NanoMOUDI II 分級試料を対象に、ケミカルマスバランス（Chemical Mass Balance, CMB）法による発生源寄与解析を行った（表 5）。解析には CMB8J（早狩ら、2001）を用い、負の発生源は除去した。CMB では二次粒子の寄与率を直接算出できないため、計算で得られた各発生源の寄与率と発生源プロファイルから上記の二次粒子構成成分の一次発生濃度を算出し、観測値から差し引いたものを二次粒子濃度とした。自動車排気以外の発生源数と計算に使用した指標元素を表 6 に示す。使用した発生源プロファイルは高橋ら（2011）と同様とした（表 7）。

図 33、34 に FRM 捕集で得られた $PM_{2.5}$ に対する各発生源の寄与濃度および寄与割合を示す。2015 年冬季は自動車の寄与が計算されない場合もあったが、計算された場合は池上と中留との間で自動車排気の寄与濃度差が見られた。この濃度差は、ほぼ $PM_{2.5}$ の濃度差を説明できた。また、夏季は池上と中留での寄与濃度の差が小さい結果となった。寄与率でみると、自動車排気の寄与は平均で 23%（交差点）、11%（後背地）であった。夏季は寄与が小さくなり各々 15%、8%であった。なお、石油燃焼の寄与は夏季に増大しており、25%の寄与を示した。

図 35 に 2016 年の FRM 捕集で得られた $PM_{2.5}$ に対して発生源の数を変えた CMB 法の結果を示す。6 発生源から 8 発生源に変えても、自動車排気の結果には大きな差はみられなかった。図 36、37 に池上における粒径別の寄与濃度および寄与割合の結果の推定結果を示す。自動車の寄与が高いのは粒径 $0.3-1.0\mu m$ であった。夏季は $1-10\mu m$ に土壌の寄与が目立っていた。これは道路粉じんあるいは南方にある野球のグラウンドの土壌の影響があったものと考えられる。図 38、39 に中留における粒径別の寄与濃度および寄与割合の結果を示す。後背地でも夏季には $1-10\mu m$ に土壌の寄与が目立っていた。図 40 に池上における粒径別の寄与濃度の結果を 2007 年と 2015 年とで比較した結果を示す。粒径 $0.1-1.8\mu m$ では、2007 年に比べて自動車排気の寄与率は約 $1/3$ となった。 $PM_{0.1}$ も自動車排気の寄与率は低下したが、 $4/5$ 程度の低下にとどまった。寄与濃度や寄与率の低下などから、自動車排気は清浄になりつつあることが明らかとなった。

表5 解析に用いたデータ

池上(沿道)

2007年	冬	12月10日 13:00	～	12月14日 13:00
	冬	12月17日 13:00	～	12月21日 13:00
2015年	冬	1月19日 13:00	～	1月23日 13:00
	夏	8月3日 13:00	～	8月7日 13:00
2016年	冬	1月18日 13:00	～	1月22日 13:00
	夏	8月1日 13:00	～	8月5日 13:00

中留(後背地)

2015年	冬	1月19日 13:00	～	1月23日 13:00
	夏	8月3日 13:00	～	8月7日 13:00
2016年	冬	1月18日 13:00	～	1月22日 13:00
	夏	8月1日 13:00	～	8月5日 13:00

表6 発生源数と計算に用いた指標元素(自動車排気以外)

	道路 粉塵	海塩 粒子	鉄鋼 工業	石炭 燃焼	廃棄物 焼却	ブレーキ 粉じん	タイヤ 摩耗
MOUDI	EC、K、Na、Al、V、Mn、Fe、Zn、Ni					—	—
2015FRM						—	—
2016FRM	EC、K、Na、Al、V、Mn、Fe、Zn、Ni、As、Sb、Cu、Pb、Mg、Ca						

表7 発生源数と計算に用いた指標元素

Element	Road dust 道路粉塵		Sea salt 海塩粒子		Electric arcfurnace 鉄鋼工業		Oil combustion 石油燃焼		Waste 廃棄物焼却		Diesel exhaust 自動車排気		Brake wear ブレーキ粉塵		Tire wear タイヤ摩耗	
	実測値	誤差	実測値	誤差	実測値	誤差	実測値	誤差	実測値	誤差	実測値	誤差				
EC	12800	4100	0		5000		300000		30000		650000		177000		242200	
K	12700	3390	11000		13200		2000		50000		1300		3500		0	
Na	12500	2660	306000		13600		15000		80000		1600		0		0	
Al	61100	7660	0.3		9990		3000		20000		1200		7600		0	
V	108	34.5	0.1		125		3000		30		8.9		59		0	
Mn	1060	386	0.1		22000		100		300		42		720		0	
Fe	53100	6420	0.3		157000		3000		5000		1600		91200		0	
Zn	1310	796	0		51500		300		6000		420		3260		27860	
As*	11.3	4.19	0		103		30		50		2.9		22		0	
Sb*	13	7.42	0		90		5		300		1.1		2130		0	
Ni	80.3	69.7	0		2900		2000		20		66		95.6		0	
Cu*	268	171	0		3700		10		1000		95		13000		0	
Pb*	200		0		0		40		2000		0		0		0	
Mg*	3700		37000		0		4000		30000		0		0		0	
Ca*	55200	26400	11700		45100		2000		100000		9500		31800		0	
OC	69000	28300	0		0		50000		20000		290000		92600		0	
NH4+	6050	968	0		0		0		0		1900		0		0	
NO3-	193	118	0		0		0		0		1100		0		0	
SO42-	568	449	78000		0		400000		20000		22000		0		0	
Cl-	335	153	551000		34100		1000		200000		4800		12500		0	

*2016年の解析に使用した指標元素
単位: mg/kg

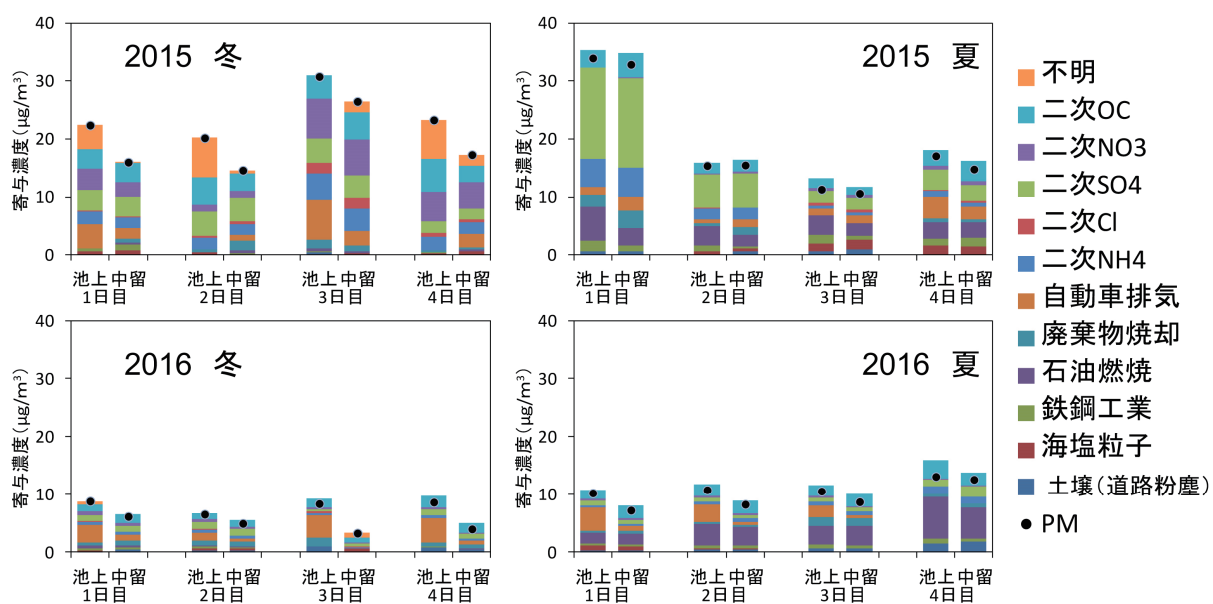


図 33 $PM_{2.5}$ の発生源寄与濃度

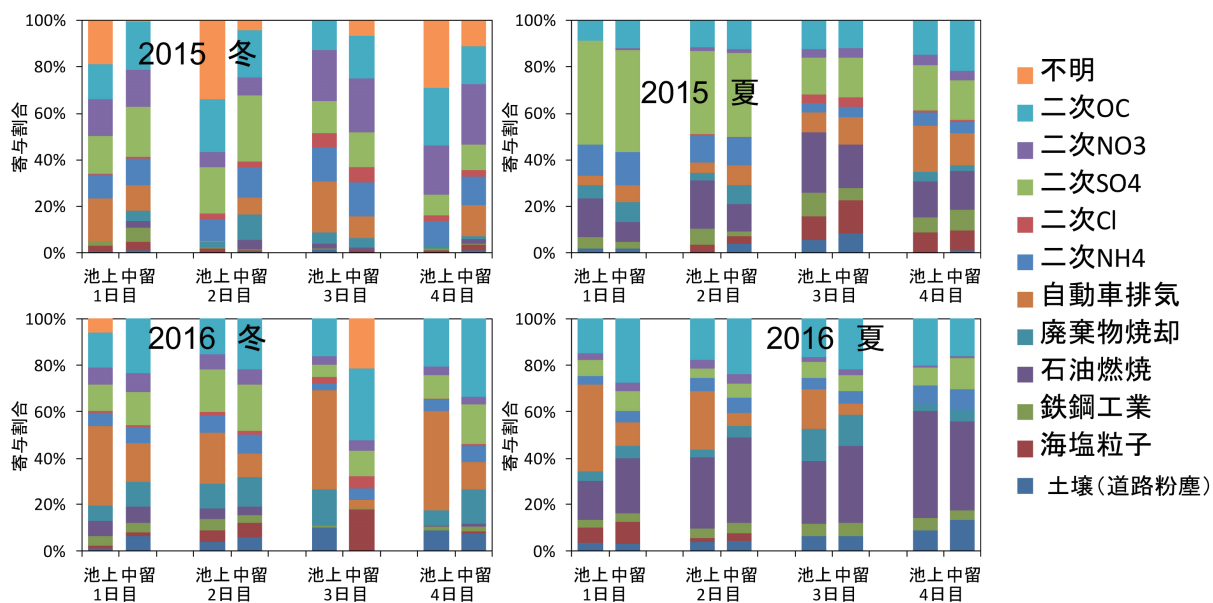


図 34 $PM_{2.5}$ の発生源寄与割合

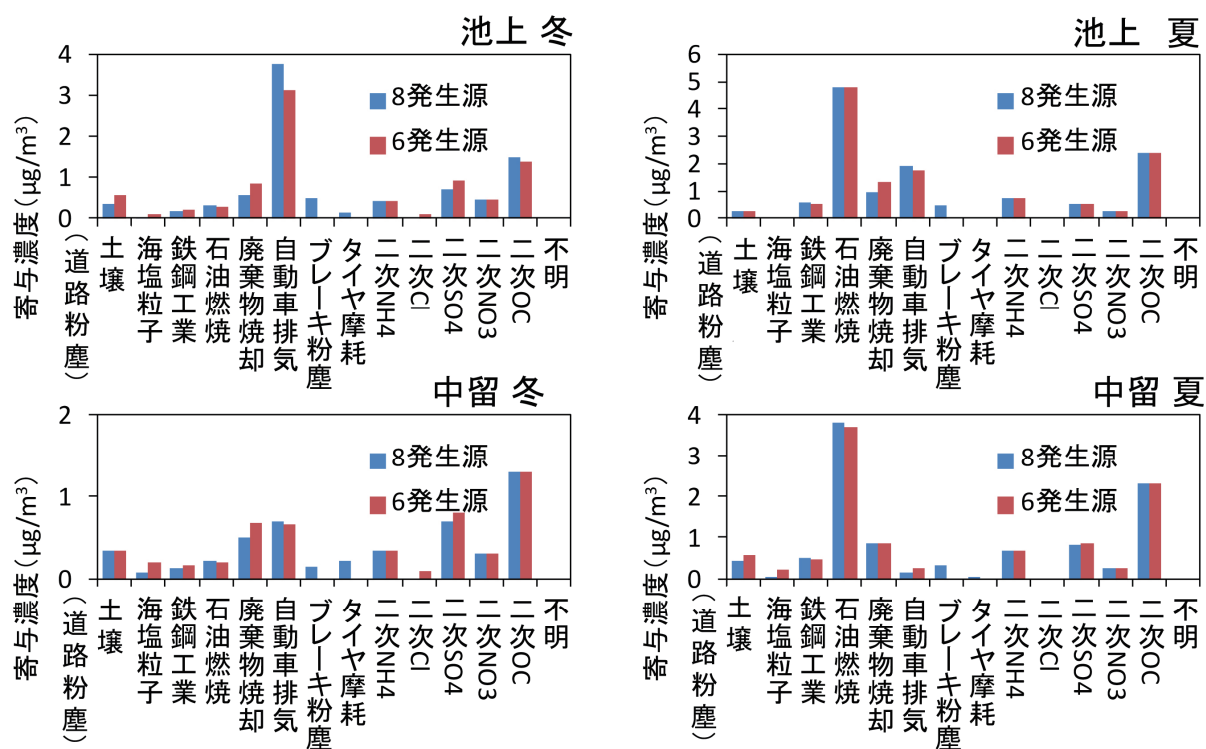


図 35 発生源数を変化させた場合の PM_{2.5} の発生源寄与濃度

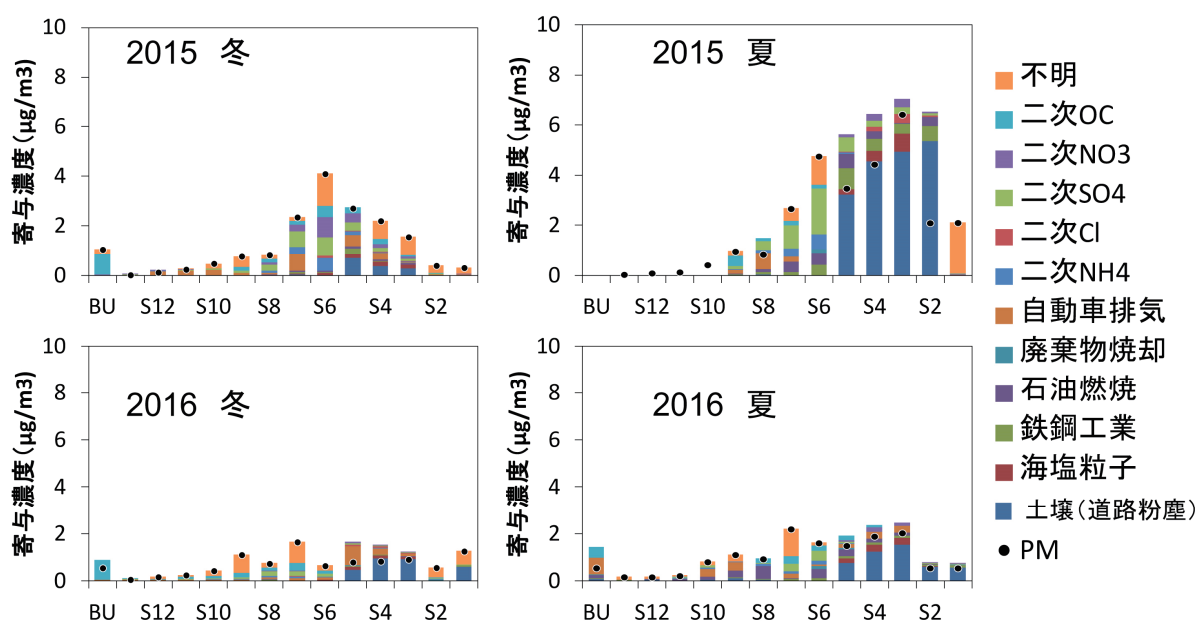


図 36 粒径別の発生源寄与濃度 (池上)

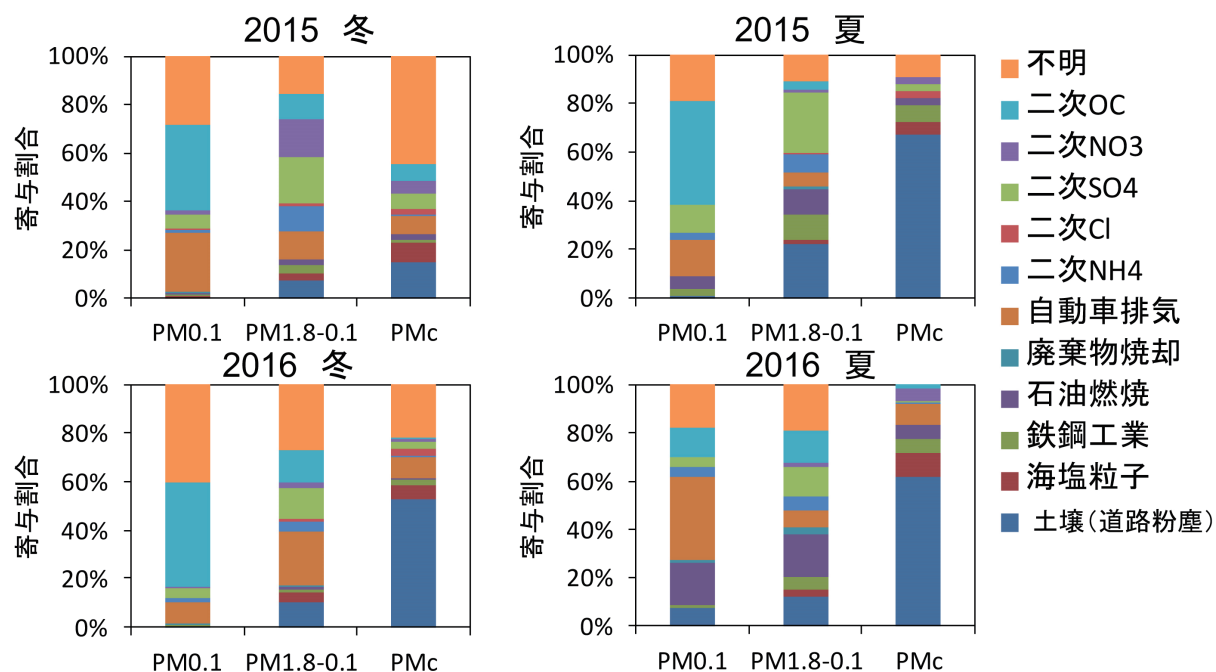


図 37 粒径別の発生源寄与割合 (池上)

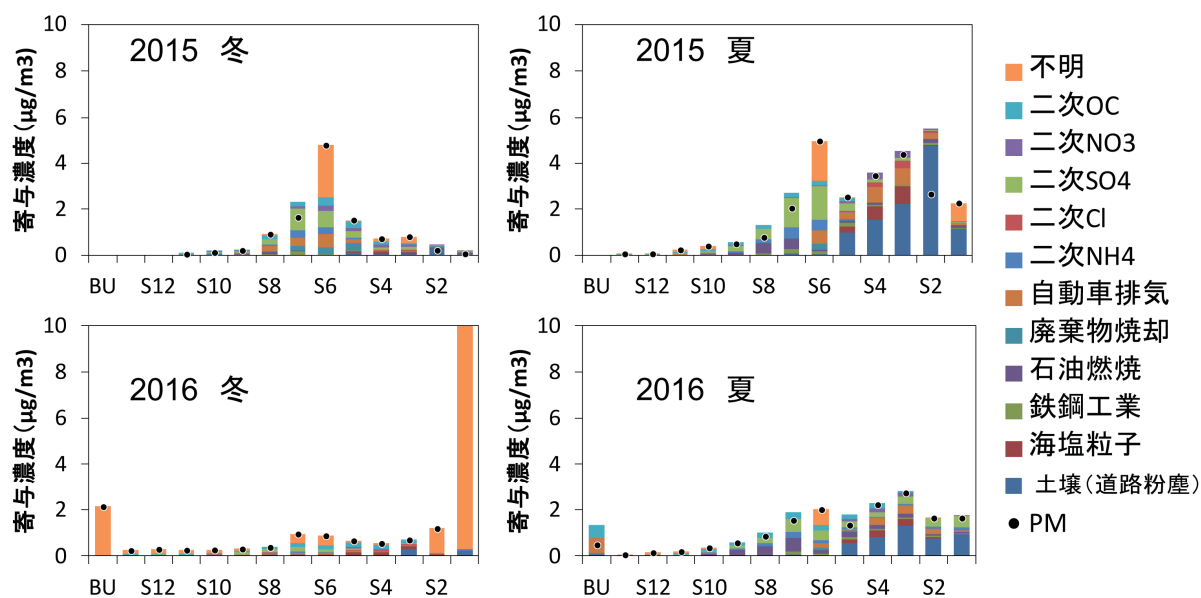


図 38 粒径別の発生源寄与濃度 (中留)

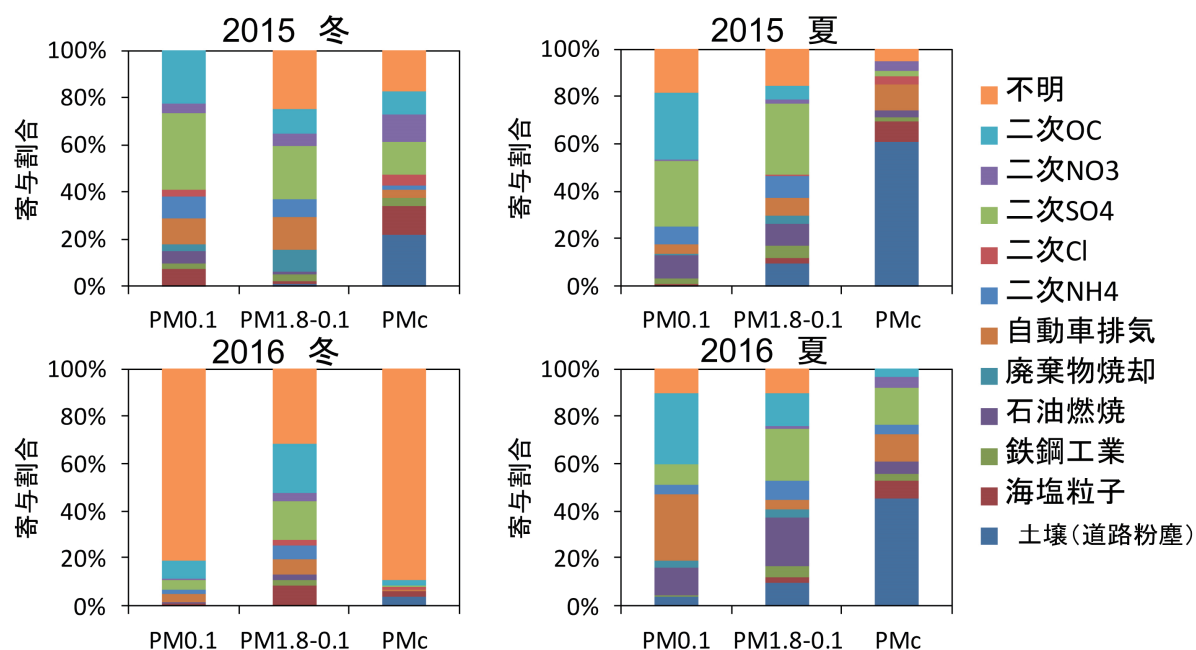


図 39 粒径別の発生源寄与割合（中留）

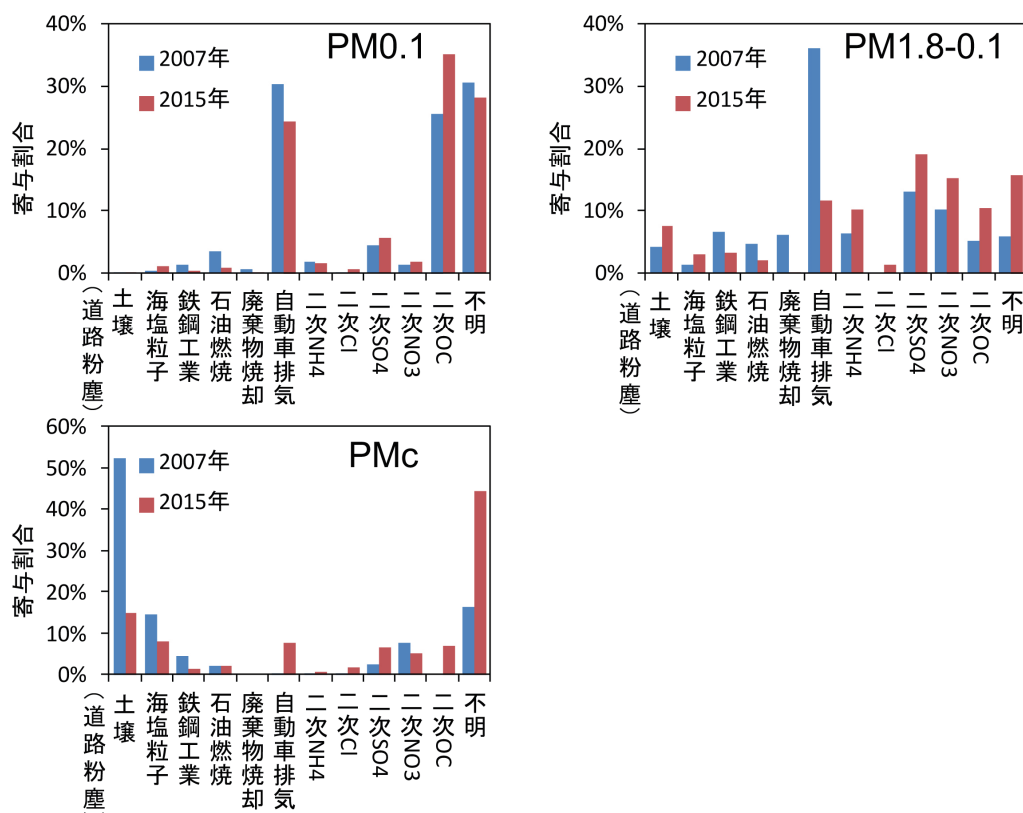


図 40 粒径別の発生源寄与濃度 2007 年と 2015 年の比較（池上）

図 41 に本稿で示した様々な手法により推定した冬季の各粒径、成分における自動車排気の寄与割合を示す。おのこの手法に仮定を置いており、推定の不確実性があることから総合的に考える必要がある。冬季における自動車排気の寄与率については $PM_{2.5}$ としては約 30%であった。また、粒径全体に渡り EC や、 $PM_{0.1}$ のいずれの成分も寄与が比較的高い結果となっている。図 42 に夏季

の結果を示す。夏季は冬季に比べ寄与が下がり、PM_{2.5}への自動車排気の寄与は平均で11%程であった。夏季も冬季と同様に小さな粒子の寄与が高い結果であった。今後はECと小さな粒子の対策が引き続き必要になると考えられる。

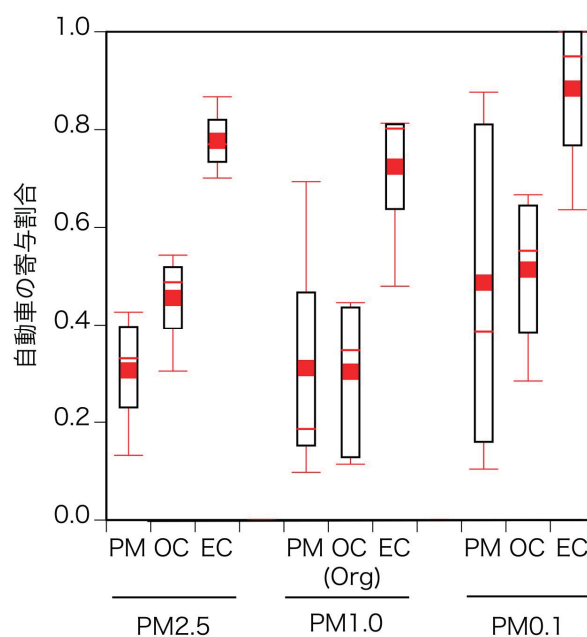


図 41 さまざまな手法により推定した 2015、2016 年の自動車寄与割合（冬季）

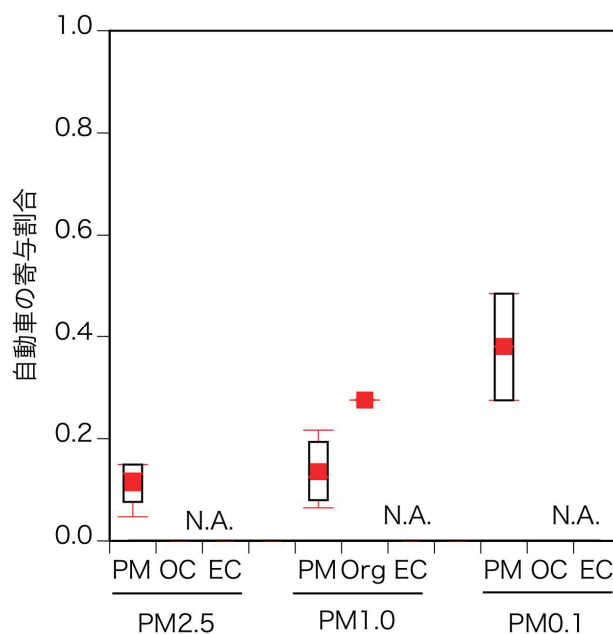


図 42 さまざまな手法により推定した 2015、2016 年の自動車寄与割合（夏季）

2. 自動車からの PM_{2.5} 排出量推計

2.1. ガソリン車を含む自動車からの PM_{2.5} 排出量推計

2.1.1. 排出係数の設定

本研究では、これまで未推計であったガソリン車からの PM 排出量を推計するため、平成 26 年度から国内外のガソリン車からの排出データの調査を実施し、収集したデータをもとに、平成 27 年度に車速別の排出係数を設定した。一方、環境省においても、平成 27 年度から、ガソリン車からの PM 排出量を推計するための調査を開始し、本研究と同様な手法による排出量の推計を行う予定で調査を進めていることが判明した。環境省の調査では、本研究で収集したデータよりも新しいデータが追加されていることから、平成 27 年度に設定した排出係数よりも信頼性の高い排出係数が設定されるものと考えられることから、平均速度別排出係数を用いた推計は、今後実施される予定の環境省推計と重複することに加えて、不十分な推計となる恐れがある。そのため、本研究では、燃料消費あたりの排出係数を用いた手法により、ガソリン車からの PM 排出量推計を行うこととした。燃料消費あたりの排出係数を用いる方法は、数少ないデータを有効に利用できるなどの利点もあることから、十分なデータが入手できない状況においては、有益な手法と考えられる。

従来ガソリン車（ポート噴射ガソリン車、以下 PFI）の排出係数の設定に当たっては、国土技術政策総合研究所が公表している試験データ（国土技術政策総合研究所、2012）の中から、PM の測定結果があるものを選定し、そのうち平均速度 80km/h 以下の実走行モード（土研モード、JARI モード等）試験データを解析対象とした。解析対象とした試験車の台数やデータ数は、以下の通りである。

乗用車（12 台）	46 データ
軽量貨物車（5 台）	19 データ
中量貨物車（5 台）	26 データ

始めに、燃料消費量あたりの排出係数の妥当性を検討するため、PM 排出に影響を及ぼすと考えられる因子を調べた。影響因子としては、燃料消費量の指標として CO₂、エンジン負荷の指標として平均速度、さらに、PM は、燃焼室内に存在する過濃混合気により生成されると考えられるため、その指標として CO を選定した。表 8 に、これらの因子と PM との相関係数を示す。

表 8 PM 排出に影響を及ぼす因子

	PM[mg/km]		
	乗用車	軽量貨物車	中量貨物車
PM[mg/km]	1.000	1.000	1.000
CO[g/km]	0.507	0.867	0.343
CO ₂ [g/km]	0.312	0.219	0.747
平均速度 [km/h]	-0.192	-0.204	-0.422

PM 排出は、乗用車、軽量貨物車では、CO との相関が高く、中量貨物車では CO₂（燃料消費量）との相関が高いことがわかる。これらの結果から、PM 排出係数を、CO と CO₂（燃料消費量）との関数（ $PM(mg) = a \times CO(g) + b \times CO_2(g)$ 、 a, b は定数）で定義することにした。

直噴ガソリン車（以下、GDI）については、国立環境研究所が実施した 4 台の乗用車の試験結果を用いて、CO₂（燃料消費量）あたりの排出係数を設定した。なお、PFI 車の排出データは、冷間始動時のデータがないため、同じ排出係数を冷間始動時にも適用することにした。GDI 車については、冷間始動時と暖機後を分けて排出係数を設定した。

表 9 に設定した排出係数式を示す。

表 9 PM 排出係数（ $PM(mg) = a \times CO(g) + b \times CO_2(g)$ ）

	定数	乗用車	軽量貨物	中量貨物
PFI車	a	0.4088	0.4180	0.0460
	b	0.0012	0.0003	0.0083
GDI(Cold)	b	0.1242		
GDI(Hot)	b	0.0128		

2.1.2. 排出量推計

前節で設定した排出係数を用いて、ガソリン車を含む自動車からの $\text{PM}_{2.5}$ の排出量を推計した。

燃料消費量 (CO_2 排出量)、 CO 排出量、ディーゼル車の PM 排出量データは、環境省の「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査（平成 26 年度）」の推計結果（数理計画、2015）を用いた。なお、環境省が推計した CO_2 排出量は、国土交通省の自動車燃料消費統計調査から求めた CO_2 排出量に比べて過小推計になっているため、自動車燃料消費統計調査と同じになるよう補正を加えた。また、自動車からの PM は、 $\text{PM}_{2.5}$ と同等として取り扱った。

推計にあたっては、乗用車に GDI 車が普及するケースと普及しないケース（ベースケース）の 2 ケースについて推計した。推計に必要な新車の残存率は、登録情報をもとに設定した（図 43）。GDI 車の普及予測については、自動車工業会の予測データ（国土交通省、2016）をもとに設定した（図 44）。

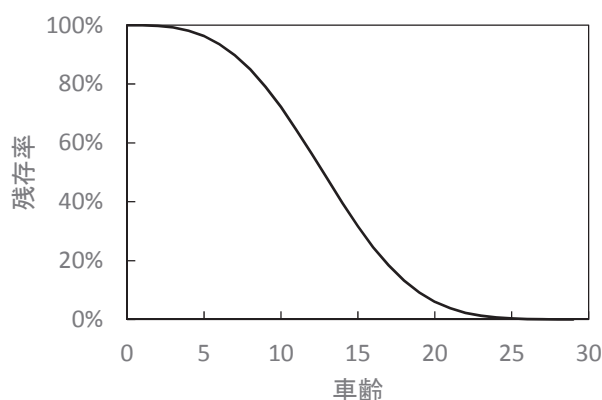


図 43 新車の残存率

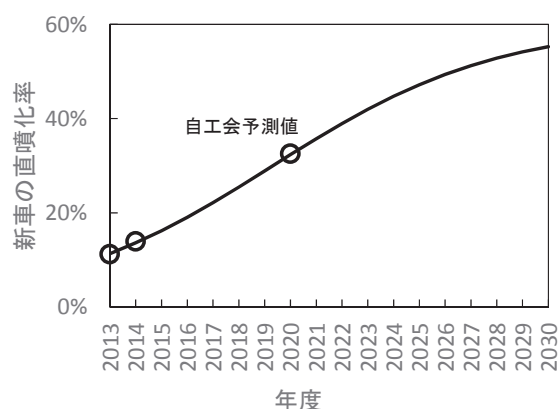


図 44 GDI 車の普及予測

推計結果を図 45、図 46 に示す。図 46 中、G-GDI は直噴ガソリン車、G-PFI はポート噴射ガソリン車を示す。

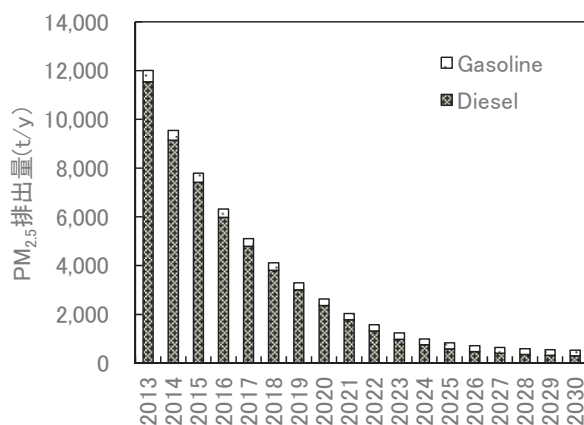
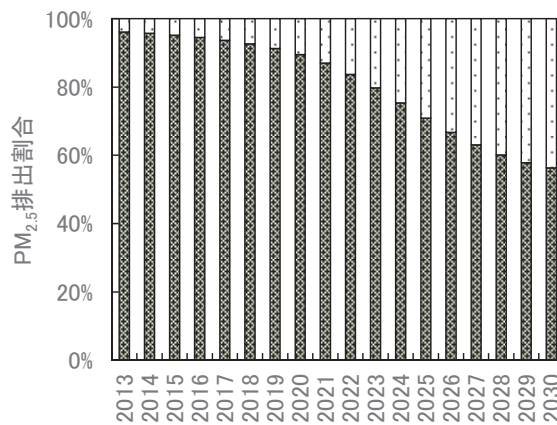


図 45 自動車からの $\text{PM}_{2.5}$ 排出量の推移（ベースケース、全国）



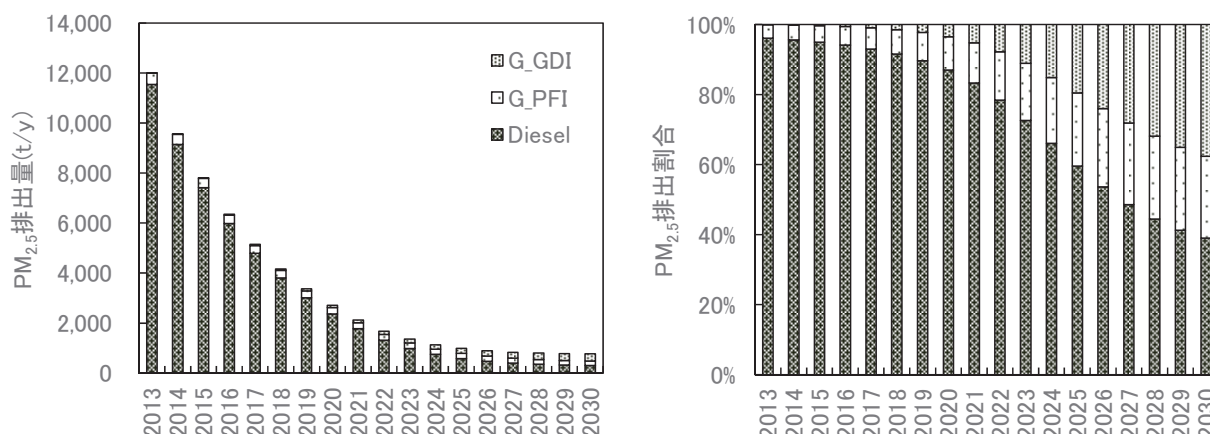


図 46 自動車からの PM_{2.5}排出量の推移 (GDI 普及ケース、全国)

図 45 に示すように、ガソリン車から排出される PM_{2.5} の寄与率は、ディーゼル車からの PM 排出量が減少するに従い増加する (2013 年度 : 3.9%、2030 年度 : 45~68%)。しかしながら、PM 排出総量は、現在、PM 排出量の大部分を占めているディーゼル車からの排出量が著しく低減されるため、GDI 車が普及しても、2013 年度比で、1/10 以下になることが予測された。

2.2 排出量推計手法の検討

2.2.1 排出量推計の概要

自動車から排出される大気汚染物質の排出量推計は、道路沿道や都市の大気環境の評価や改善策を検討する上で極めて重要であり、これまで、環境省や自治体はもとより、大気環境にかかわる関係機関で様々な推計が実施されてきた。自動車からは、図 47 に示すように、走行時に加えて、始動時や停車時にも大気汚染物質やその前駆物質が排出されるが、これまでは、主に、走行時の排出量についての推計が実施されてきた。

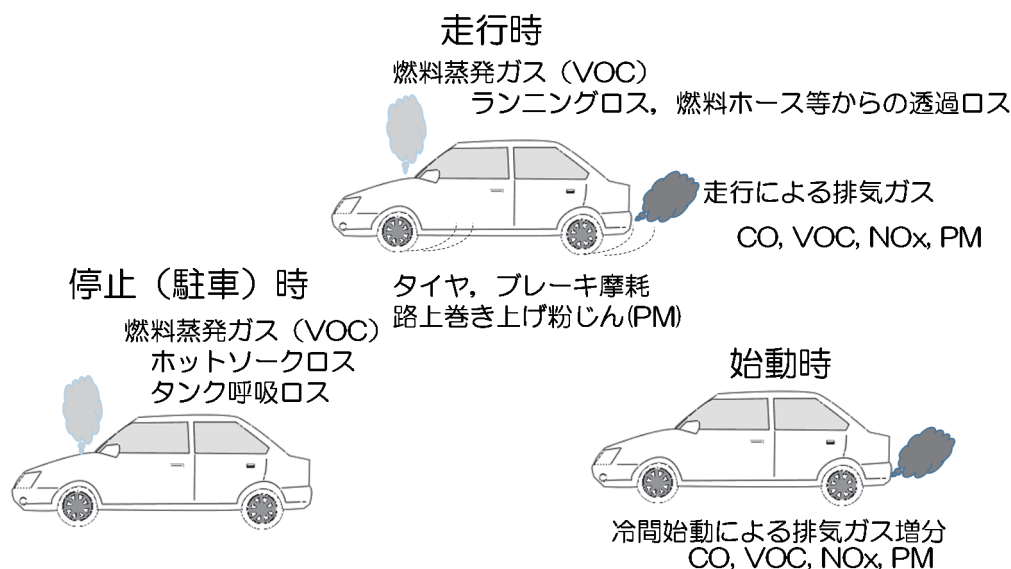


図 47 自動車から排出される大気汚染物質の排出要因

しかしながら、これまで自動車からの粒子状物質の主要な排出源であった DEP が著しく削減された状況においては、排出量推計に求められる要件が変化しつつある。特に、PM_{2.5} 中における寄与が増加している二次粒子やオゾンなど、光化学反応に起因する大気汚染物質の削減対策を検討するためには、化学輸送モデルによる各発生源の寄与率評価や汚染物質の動態把握が必須であり、

そのためには、各発生源からの実環境における汚染物質や前駆物質の排出量を精度よく推計する必要がある。このような状況の変化に対応して、近年、始動時や停止時に排出される燃料蒸発ガスの推計も実施されるようになってきた。特に、二次粒子やオゾンの高濃度エピソードの解析には、気温や湿度などの環境変化による影響や冷間始動時における排出量の増加、排気浄化装置の劣化などを考慮した排出量推計が必要であるが、その推計手法については、十分な議論がなされておらず、その透明性も確保されているとはいえない状況にある。

また、化学輸送モデルへの入力データとするため、図 48 に示すように、時間・空間配分された排出量推計が必要とされているが、時間・空間配分手法についても、様々な課題が存在すると考えられる。

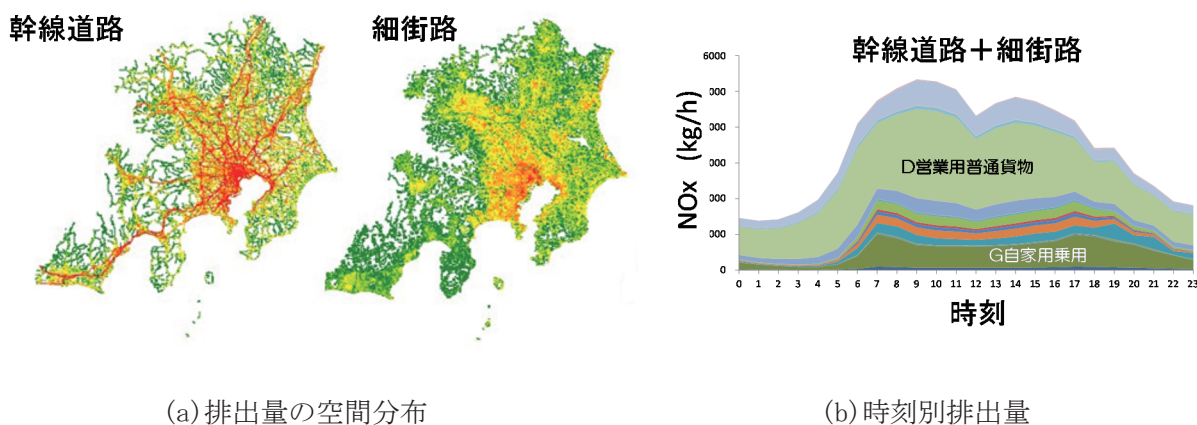


図 48 時間・空間配分された排出量推計の例（2010 年 10 月）

そのため、本調査研究では、将来 $PM_{2.5}$ の削減対策を検討する上で必要となる実環境における汚染物質や前駆物質の排出量手法について、今後の基準となりうる推計手法を提示することを目的とした。

なお、このような排出量推計では、その透明性や利害関係者の同意が必要であるが、これらの要件を確保するため、自動車排出量推計の専門家や行政、自動車業界等の関係者から構成される検討会（自動車排出量推計手法検討ワーキンググループ、以下 排出量推計手法検討 WG とよぶ。）を設置し、広範な意見を集約することとした。

2.2.2 排出量推計の現状

実環境における自動車排出量推計としては、これまで、化学輸送モデルへの入力データ作成を目的に実施されてきた自動車と石油業界の一連の共同研究プロジェクト JCAP (Japan Clean Air Program)、JCAPII、JATOP (Japan Auto Oil Program)、JATOP II (石油エネルギー技術センター、2012)によるものが広く知られている。この推計では、走行時の排出量に加えて、始動時や蒸発ガスの排出量、触媒の劣化や故障、環境条件による排出補正など、実環境における排出量の推計が実施されてきた。近年、環境省が実施している自動車排出ガスの推計（数理計画、2012）においても、始動時の排出量に加えて触媒の劣化や環境条件による排出補正がなされるようになり、JATOP II の推計と比較可能な状況になった。

図 49 は、環境省と JATOP II との排出量推計値を、環境省推計値 (MOE) を基準として、比較したものである（小林ら、2013）。G_RE、G_ST はそれぞれ、ガソリン車の走行時及び始動時排出量、D_RE、D_ST はディーゼル車の走行時及び始動時排出量を示す。図から明らかなように、CO、THC、NOx の順に相違が大きく、PM、CO₂ の相違は、それに比べて小さい結果となっている。

このような状況を踏まえ、本研究では、始動時排出量、走行時排出量、蒸発ガス排出量について、推計手法や使用データなど、推計値に大きな影響を及ぼす因子について検討した。検討に当たっては、環境省推計と JATOP II 推計との乖離の要因を明らかにするため、実際に推計を実施している実務担当者から説明を受け、それをもとに、排出量推計 WG において、推計手法の課題を明らかにするとともに、今後、推計精度の向上を図る上での対応策について検討を実施した。

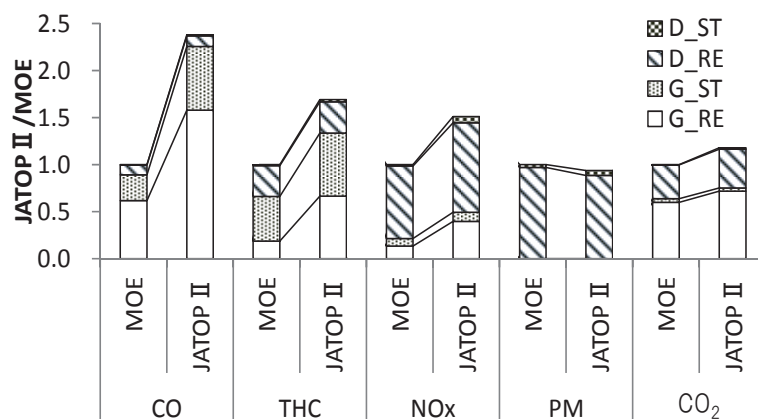


図 49 環境省（MOE）と JATOP II との排出量推計値の比較

注) D_ST：ディーゼル車の始動時排出量、D_RE：ディーゼル車の走行時排出量、
G_ST：ガソリン車の始動時排出量、G_RE：ガソリン車の走行時排出量

2.2.3 始動時排出量推計

(1) 推計手法の概要

以下に、始動時排出量推計手法の代表例として JATOP II における推計式（石油エネルギー技術センター、2012）を示す。始動時の排出量は、始動回数 1 回当たりの排出量として定義された排出係数に車両 1 台当たりの始動回数と保有台数を乗じて求める。排出係数は、同一走行モードの冷間時排出量と暖機後排出量との差として定義される。さらに、排出係数は、始動時の温度や湿度による補正、エンジン停止から始動までの停車時間に応じたソーク時間補正、経年劣化による補正などが加えられる。

始動時排出量_{車種,成分} =

$$\sum_{\text{ソーク時間}} (\text{始動回数}_{\text{車種,ソーク時間}} \times \text{始動時排出係数}_{\text{車種,成分,ソーク時間}} \times \text{保有台数}_{\text{車種}})$$

始動時排出係数_{車種,成分,ソーク時間} =

$$\sum_{\text{年式}} (\text{始動時排出係数}_{\text{車種,成分,年式,ソーク時間}} \times \text{年式別始動比率}_{\text{車種,年式}})$$

始動時排出係数_{車種,成分,年式,ソーク時間} = 冷間時排出係数_{車種,成分,年式,ソーク時間} - 暖機後排出係数_{車種,成分,年式}

冷間時排出係数_{車種,成分,年式,ソーク時間} = 冷間時基本排出係数_{車種,成分,年式} × 冷間時劣化補正係数_{車種,成分,年式}
× 冷間時温度補正係数_{車種,成分,年式} × ソーク時間補正係数_{車種,成分} × 湿度補正係数_{NOxのみ}

暖機後排出係数_{車種,成分,年式} = 暖機後基本排出係数_{車種,成分,年式} × 暖機後劣化補正係数_{車種,成分,年式}
× 暖機後温度補正係数_{車種,成分,年式} × 湿度補正係数_{NOxのみ}

年式別始動比率_{車種,年式} =
$$\frac{\text{年式別保有比率}_{\text{車種,年式}} \times \text{走行係数}_{\text{車種,年式}}}{\sum_{\text{年式}} (\text{年式別保有比率}_{\text{車種,年式}} \times \text{走行係数}_{\text{車種,年式}})}$$

(2) 環境省推計と JATOP II 推計の主な相違点と排出量推計の課題

環境省推計値と JATOP II 推計値との間に乖離が生ずる原因を明らかにするため、排出量推計手法検討 WG において、両者の実務担当者から推計手法についての詳細な説明を受け、それをもとに検討した結果、両者の間には、以下のような相違点があることが判明した。

- ・ 活動量（始動回数）

始動回数データは、両者とも平成 17 年度の道路交通センサス起点終点調査（OD 調査）の解析から求められた同じデータ（小林ら、2011）を使用しているため、総始動回数に相違点は無かった。図 50 に、1 例として乗用車のソーク時間（駐車時間）別、時刻別始動回数を示す。

- ・ 排出係数

排出係数は、環境省も JATOPⅡと同様な排出係数を採用しており、両者に大きな相違は無かった。ただし、環境省は、ガソリン車の新長期規制車とディーゼル車のポスト新長期規制車については、環境省が調査したデータをもとに排出係数を設定している。一方、JATOP では、ポスト新長期規制車の排出係数は、新長期規制車の値に規制値の削減率を乗じて設定している。また、NO₂についても、排出係数を設定している。

- ・ 経年劣化補正

始動時の排出係数は、前述したように、冷間時の排出量と暖気後の排出量との差分として求めているが、その際、JATOPⅡでは、冷間時と暖気後、それぞれに、走行距離に応じた経年劣化補正を加えている。そのため、車種によっては、冷間時と暖気後の劣化補正係数が異なるために、排出係数が負になる場合があり、そのような時は、排出係数をゼロとしている。

一方、環境省は、経年劣化補正を行っていない。

- ・ ソーク時間補正

ソーク時間補正は、それぞれ、独自の調査結果をもとに設定している。環境省は、全ての成分に同じ補正係数を適用しているのに対し、JATOPⅡでは、成分毎（THC、CO、NO_x、CO₂）に異なる補正係数を設定していた。図 51 にそれぞれのソーク時間補正係数を示す。

- ・ 温度、湿度補正

補正式及び補正に用いる係数は、両者とも同じ JCAP の手法を適用している。しかしながら、補正に使用している温度については、環境省は、県別、季節別、時間帯別気温、湿度を用いているのに対し、JATOPⅡでは、気象官署データから高度補正などを行って、月平均の 3 次メッシュ毎の時間値データを作成して補正している。また、環境省は、新短期規制以降の車両は、温度補正なしとしているが、JATOPⅡでは、全ての車両に補正を適用しているなどの相違があった。湿度補正については、両者とも、排出ガス試験法に準じた補正を行っており、相違はなかった。図 52 に温度補正係数を示す。

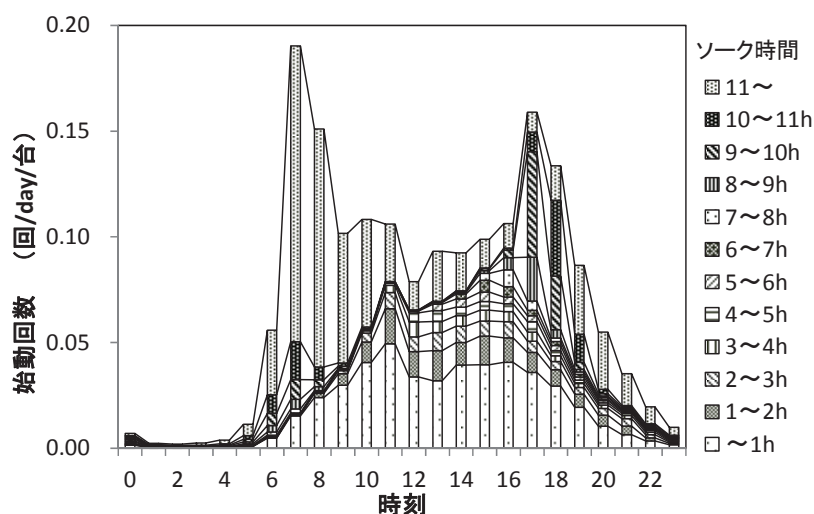


図 50 ソーク時間別、時刻別始動回数（乗用車、1 台 1 日当たり）

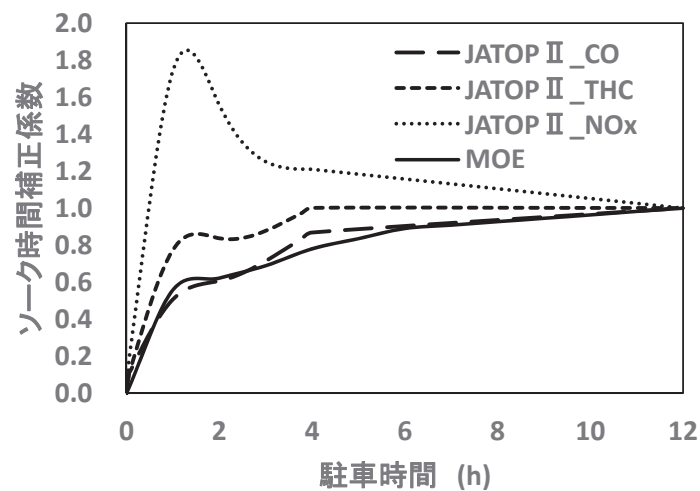


図 51 ソーク時間補正係数

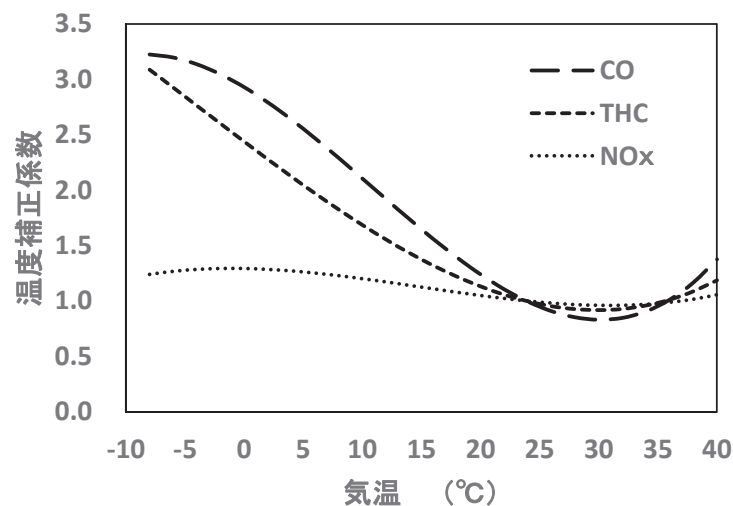


図 52 始動時における温度補正係数

以上の結果から、両者の推計手法や排出係数、活動量データ、各種補正係数には、大きな相違が認められないことから、推計した排出量に相違が生じた原因は、温度補正に用いる温度データやソーク時間補正係数の相違、経年劣化補正の有無に起因していることが推察された。

その他、排出量推計手法検討 WG においては、以下のような課題が指摘された。

- 排出係数については、リアルワールドにおける状況との相違の確認が必要。また、排出係数設定に使用したデータ数が少なく、代表性に問題がある。
- 今後、WLTC (World harmonized Low-duty vehicle Test Cycle) 等のコールド、ホットを一体化した排出ガス試験モードが採用されるとコールドのデータ自体が無くなるので、何らかの対応が必要。
- 活動量は、都市と地方では、使用実態が異なる可能性があるので、地域差の考慮を検討する必要がある。
- 排出係数や補正係数、活動量データなど、推計に使用しているデータが古く、更新の必要がある。
- 化学輸送モデルの入力として使用するためには、規制成分だけでなく、 NH_3 、 NO_2/NO_x 比率、NMHC 成分、PM 成分 (EC, OC, SO_4 等) の排出ガスの詳細な成分データの整備を行う必要がある。その他、時間配分、地域配分等についても検証が必要である。

2.2.4 走行時排出量推計

(1) 推計手法の概要

走行時の排出量は、一般に、単位走行距離当たり排出量として定義された排出係数(g/km/台)に走行量(台・km)を乗じて算出する。更に、排出係数は、温度・湿度などの環境条件や経年劣化、故障等による高排出車の排出補正などが加えられる。1例として、以下にJATOPⅡにおける推計式(石油エネルギー技術センター、2012)を示す。

$$\text{走行時排出量}_{\text{車種,成分}} = \sum_{\text{年式}} (\text{排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times \text{年式別走行比率}_{\text{車種,年式}}) \times \text{走行量}_{\text{車種}}$$

$$\begin{aligned} \text{排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} = & \text{正常車排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times (1 - \text{ハイエミッタ比率}_{\text{車種,年式}}) \\ & + \text{ハイエミッター排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times \text{ハイエミッタ比率}_{\text{車種,年式}} \\ & + \text{DPF強制再生排出係数}_{\text{DPF車のみ,成分,年式}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{正常車排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} = & \text{基本排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times \text{速度補正係数}_{\text{車種,成分,年式}} \\ & \times \text{劣化補正係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times \text{温度補正係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times \text{湿度補正係数}_{\text{NOxのみ}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ハイエミッタ車排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} = & \text{ハイエミッタ基本排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} \\ & \times \text{速度補正係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times \text{温度補正係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times \text{湿度補正係数}_{\text{NOxのみ}} \end{aligned}$$

$$\text{DPF強制再生排出係数} = \text{基本排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times (\text{強制再生悪化率}_{\text{車種,成分,年式}} - 1)$$

$$\text{年式別走行比率}_{\text{車種,年式}} = \frac{\text{年式別保有比率}_{\text{車種,年式}} \times \text{走行係数}_{\text{車種,年式}}}{\sum_{\text{年式}} (\text{年式別保有比率}_{\text{車種,年式}} \times \text{走行係数}_{\text{車種,年式}})}$$

(2) 環境省推計とJATOPⅡ推計の主な相違点と排出量推計の課題

始動時の排出量推計と同様、環境省推計とJATOPⅡ推計との乖離を明らかにするため、両者の実務担当者から推計手法についての詳細な説明を受け、それをもとに検討した結果、両者の間には、以下のような相違点があることが判明した。

・ 排出係数

両者とも環境省排出原単位をもとに設定しており相違は無い。しかしながら、図 53 に示すように、平均旅行速度の設定法に相違がある。両者とも混雑度の関数として平均旅行速度を設定しているが、関数の形や最高速度の設置法に相違があり、JATOPⅡの方が低速度に設定されている可能性が高いことから、排出係数は大きくなっていると推察された。環境省の推計においても、以前は、JATOPⅡと同様な設定法を採用していたが、より現実に近い方法として、現行の手法になった経緯がある。

また、重量車については、排出係数が走行時の車両重量当たりとして定義されているため、排出係数の設定には、車両重量や最大積載量に加えて、積載率のデータが必要になる。環境省推計では、ナンバープレート調査やOD調査データをもとに、走行時の車両重量を推計しているが、JATOPⅡでは、車両の保有情報と輸送統計年報の情報とから推計しており、普通貨物車の排出係数は、JATOPⅡの方がやや大きめの値に設定されている。

・ 活動量

走行量については、昨年度報告しているが、両者の差異は少なく、排出量推計結果に及ぼす影響は少ないと考えられた。しかしながら、走行量については、統計資料の継続性や情報量の減少、地域配分手法など、多くの課題があることから、別途、(2)に課題

を整理した。

- 温度、湿度補正

始動時排出量推計と同様、補正式及び補正に用いる係数は、両者とも同じであった。環境省は、県別、季節別、時間帯別気温、湿度を用いているのに対し、JATOP II では、気象官署データから高度補正などを行って、月平均の 3 次メッシュ毎の時間値データを作成して補正している。また、環境省は、新短期以降の車両は、温度補正なしとしているが、JATOP II では、全ての車両に補正を適用しているなどの相違があった。図 54 に温度補正係数を示すが、始動時に比べて、補正係数の値が小さいことから、その影響は、始動時に比べて少ないことがわかる。また、最近の新型車は、触媒不必要との意見もあった。湿度補正については、両者とも、排出ガス試験法に準じた補正を行っており、相違はなかった。

- 経年劣化補正

経年劣化補正は、両者とも累積走行距離に応じた補正を行っている。また、車齢ごとの累積走行距離や補正係数は、JCAP、JATOP と同様なデータを使用している。経年劣化補正を開始する累積走行距離にわずかな違いがあるが、排出量推計値に及ぼす影響は少ないと考えられた。

- 高排出車補正

高排出車補正については、JATOP II では、リモートセンシング (RSD) 調査結果をもとに設定した高排出車割合と独自に設定した高排出車の排出係数とを用いて、高排出車からの排出を加味した排出係数を算出している。一方、環境省の調査では、RSD のデータを蓄積し、高排出車の影響を試算しているが、排出量に反映するまでには至っていない。

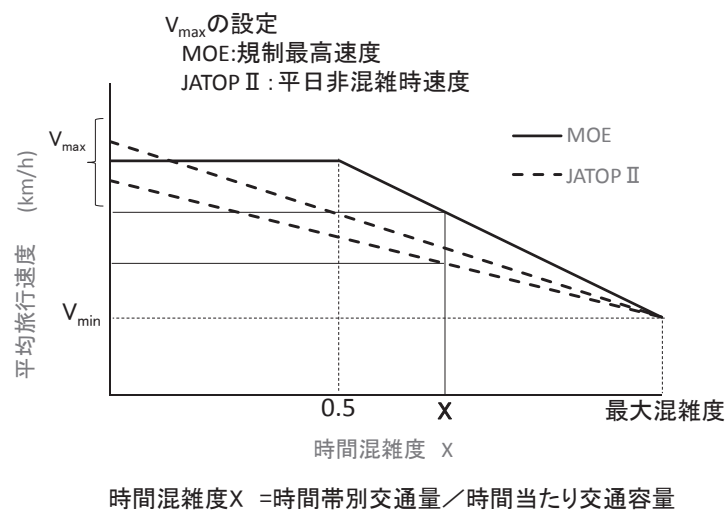


図 53 平均旅行速度の設定法

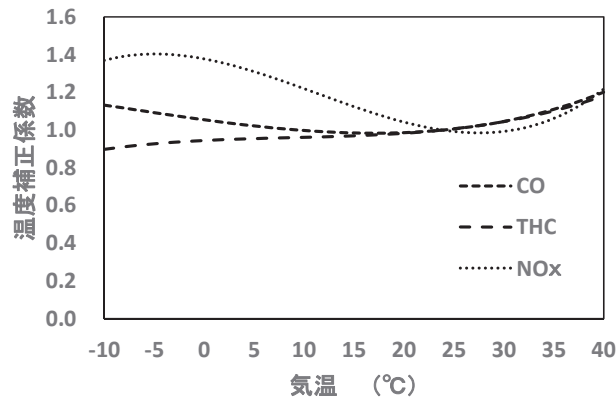


図 54 走行時における温度補正係数

以上の結果から、両者の推計手法や排出係数、活動量データ、各種補正係数には、大きな相違が認められないことから、推計した排出量に相違が生じた原因は、平均旅行速度や重量車の走行時車両重量の設定法の相違による差異、温度補正に用いる温度データの時間、空間分解の相違や高排出車補正の有無に起因していることが推察された。

その他、排出量推計手法検討 WG において検討した結果、以下のような課題が指摘された。

- ・ 排出係数については、現状は CD 試験データをもとに設定されているが、リアルワールドとの乖離が考えられるので、今後、車載計測(Portable Emission Measurement System : PEMS)データの活用を検討する必要がある。
- ・ 経年劣化補正については、今後、後処理装置の付いたディーゼル車が主流になるため、劣化補正の精度を上げる必要がある。また、ガソリン車についても、古いデータが多く、更新が必要である。しかしながら、補正係数の更新には、膨大な工数と予算を要すると考えられることから、データの収集が課題となることが予想される。
- ・ 始動時排出量推計でも指摘されたが、化学輸送モデルの入力として使用するためには、規制成分だけでなく、NH₃、NO₂/NO_x 比率、NMHC 成分、PM 成分 (EC, OC, SO₄ 等) の排出ガスの詳細な成分データの整備を行う必要がある。

(3) 自動車の走行量に関する課題

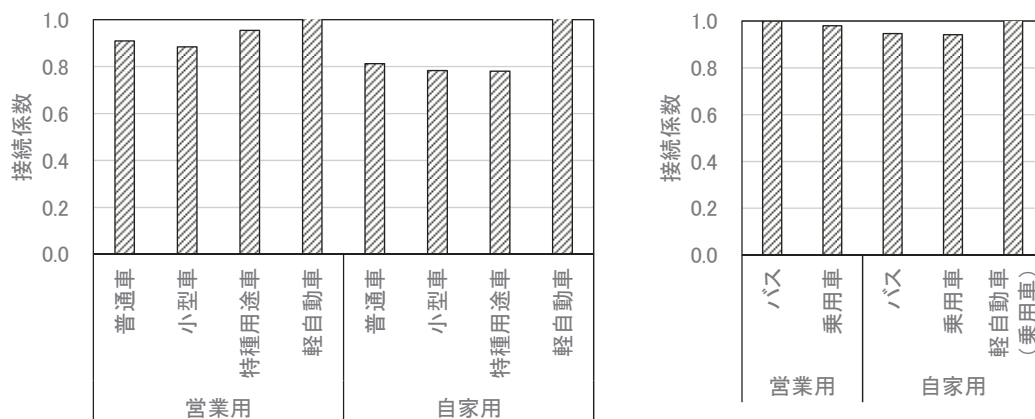
自動車の総走行量は、排出係数と並び走行時の排出量を推計する際の基本情報である。これまで、自動車からの排出量推計に使用する自動車の走行量調査データは、国土交通省が実施してきた自動車輸送統計調査と道路交通センサスのデータが使用されてきた。道路交通センサスの交通量は、幹線道路の区間ごとに測定されたもので、細街路における交通量が含まれていないため、自動車輸送統計調査から道路交通センサスの走行量を差し引いた走行量を細街路走行量として割り当て、それぞれ、幹線道路、細街路における排出量を推計してきた。以下に主な課題を示す。

(a) 統計資料の変更に伴う継続性について

前述したように、自動車の総走行量は、自動車輸送統計調査が長く使用されてきたが、2010 年 9 月以降、国土交通省の自動車に関する調査内容に変更があり、これまで、自動車輸送統計調査に記載されていた走行量（走行キロ）が、自動車燃料消費量調査に移行された。

自動車燃料消費量調査は、自動車輸送統計調査と調査方法の違いがあるため、同時期のデータに差異が生じることとなった。2010 年度については、その差異を修正するため、図 55 に示すような接続係数（国土交通省、2012）が示されているが、その後の取り扱いについては、検討の余地が残されている。

また、この変更に伴い、これまで地域ブロック毎であったデータが都道府県別データになったことに加えて、詳細な燃料種別（ガソリン、軽油、LPG、ハイブリッド、電気）データになるなど、改善された点もある。その一方で、情報が減少した項目も存在する。



(a) 貨物自動車

(b) 旅客自動車

図 55 自動車燃料消費量統計 (H22) と自動車輸送統計調査 (H19, 20, 21) との接続係数
(b)車種別走行量について

これまで自動車からの排出量推計は、車種ごとの排出寄与を把握する必要があるため、燃料別、車種別に排出量推計が実施されてきた。このため、走行量についても車種別のデータが必要であるが、近年、道路交通センサスにおける調査内容の簡素化により、平成 9 年の道路交通センサスでは 8 車種（軽乗用車、乗用車、バス、軽貨物車、小型貨物車、普通貨物車、特殊（種）車）であったものが、平成 11 年道路交通センサスでは 4 車種（乗用車、小型貨物車、バス、大型貨物車）、平成 22 年道路交通センサスでは、2 車種（小型車、大型車）と年々、車種分類数が減少しており、排出量推計の際に支障をきたす状況にある。これに対する対応策としては、A) 平成 9 年における車種別走行比率を採用する、B) 保有台数比率等から推定するなどの方法がとられているが、今後、より妥当な方法を検討する必要がある。

(c) 地域別走行量の配分について

前述したように、今後は、化学輸送モデルへの入力を前提した排出量推計の必要性が高まり、排出量の地域配分についても注意を払う必要があると考えられる。道路交通センサスの走行量は、幹線道路の区間ごとの走行量であるため、走行地域が特定されているが、総走行量の基準となる自動車輸送統計調査や自動車燃料消費量統計は、該当車両の車籍地（登録地）ベースの統計であるため、走行地点を特定することが不可能である。特に、細街路走行量は、前述したように、自動車輸送統計調査又は自動車燃料消費量統計からもとめた、走行量を差し引いて求めているため、大きな不確実性が存在する可能性が考えられる。図 56 は、道路交通センサスの起終点調査の解析から車籍地の都道府県の内外走行比率を求めたものであるが、普通貨物のように、長距離走行が多い車両は、車籍地以外を走行する機会が多いことがわかる。地域内における排出量推計の精度向上を図るためには、車籍地外の走行量を実際に走行している地域に配分する必要がある。

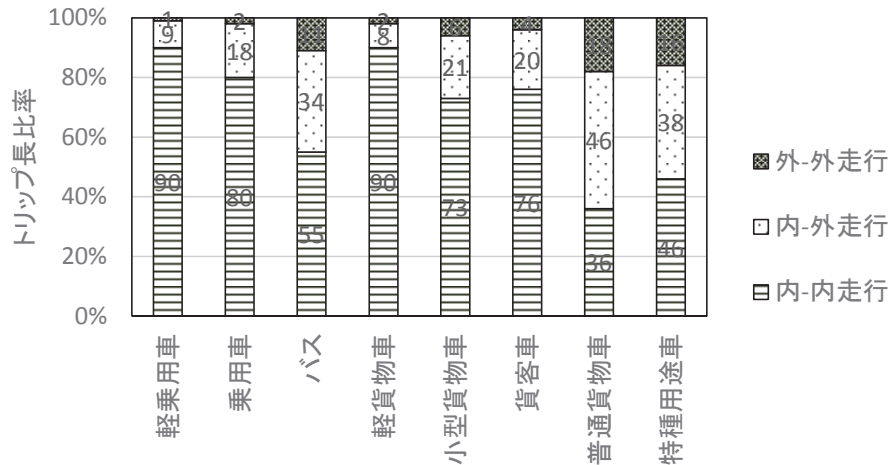


図 56 車籍地内外走行比率
(P R T R 届出外排出量の推計方法等の詳細をもとに作成)

PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) における自動車分野の推計では、この問題の解決策として、以下のような手法を適用して、県別の走行量（環境省、2014）を求めている。

- ① 道路交通センサス起終点調査 (OD 調査) データをもとに、都道府県別に車籍地内-内、内-外、外-外 走行量を算定
- ② 内-内走行量は、車籍地の走行量とする
- ③ 出発地、目的地情報をもとに、内-外、外-外走行量を走行経路を仮定して、通過地域に配分
- ④ 走行経路は、高速道路の区間延長等に基づき、原則として最短経路を通過するものと仮定して出発地別・目的地別走行距離の走行都道府県別構成比を推計
- ⑤ 自動車輸送統計年報の走行量（全国 15 ブロック毎）を車種別に都道府県別登録台数比で、都道府県別に配分
- ⑥ ⑤で求めた走行量に③で求めた結果を乗じて、県別の走行量を推計

この手法は、考え方としては合理的な手法であるが、地域外の走行量を配分する際に、手間のかかる方法と考えられることから、公的な機関が、このような手法で求めた走行量の配分データを公表するなど、何らかの対策が必要と考えられる。

以上、自動車の走行量についての主な課題を述べたが、これ以外にも、現在使用しているデータの代表性や月別、曜日別の交通量の変動など、実環境における排出量を精度良く推計するために考慮すべき要因が考えられる。

2.2.5 蒸発ガス排出量推計

蒸発ガス排出量には、エンジン停止直後に排出されるホットソークロス(HSL)、走行中のランニングロス (RL)、車両が駐車している時に温度変化により生ずる燃料タンクの呼吸により排出される呼吸ロス (Diurnal Breathing Loss: DBL) があり、我が国では、JATOP II において、排出量推計が実施されている。最近では、国内の研究機関においても、DBL について、簡便な手法を開発し推計がなされているが、ここでは、JATOP II の手法 (石油エネルギー技術センター、2012) をもとに推計の課題を検討した。

以下に、推計手法の概要を示す。

(1) ホットソークロス

車両 1 台当たりのホットソークロス排出量は、以下の式で推計されている。

$$\text{HSL 排出量(g)} = \text{HSL 排出係数(g/回)} \times \text{エンジン停止回数 (回)}$$

排出係数は、SHED (Sealed Housing for Evaporative Determination) を用いた試験データをもとにした値が設定されており、現状では、年式や季節によらず、車種ごとに一定値が設定されている。

エンジン停止回数は、道路交通センサスの OD 調査データの解析から求められた時刻別の始動回数が用いられている。

(2) ランニングロス

車両 1 台当たりのランニングロス排出量は、以下の式で推計されている。

$$\text{RL 排出量(g)} = \text{RL 排出係数 (g/km)} \times \text{走行量 (km)}$$

排出係数は、ランニングロス SHED を用いて測定された試験データをもとにした、以下に示す排出係数モデルが用いられている。

$$\text{RL 排出係数(g/km)} = A \times \exp(B \times \text{燃料沸騰後走行時間} + C)$$

$$\text{燃料沸騰後走行時間} = \text{平均トリップ時間 (=42 分)}$$

$$- (\text{燃料の沸点} - \text{走行開始時の燃料温度}) / \text{平均燃料温度上昇率}$$

A、B、C : 定数

定数、A、B は、新短期規制以前と以後で、異なる値が設定されている。

(3) 燃料タンクの呼吸ロス

自動車には、図 57 に示すような蒸発ガス抑制装置が搭載されている。燃料タンク内で発生した燃料蒸発ガスは、活性炭キャニスタを通して大気に放出されるようになっており、蒸発ガス発生量の積算値がキャニスタの吸収容量を超えると、蒸発ガスが大気中に放出される。呼吸ロスによる排出量の推計では、初めに、燃料タンクの単位空隙から発生する蒸発ガス(TVG)を以下の Wade-Reddy 式により計算する。

$$TVG = Ae^{B \cdot RVP} (e^{CT_x} - e^{CT_1}) \quad (\text{g/gal-headspace})$$

ここで、RVP : 燃料のリード蒸気圧 (psi)

T₁ : 初期燃料温度 (° F)

T_x : 時刻 x における燃料温度 (° F)

A, B, C : 定数

燃料タンクからの蒸発ガス発生量は、TVG に燃料タンクの空隙容積を乗じて求め、蒸発ガス発生量の積算値がキャニスタの吸収容量を超えると、超えた分を DBL 排出量としている。DBL は、燃料の蒸気圧、気温の日内変化、駐車時間分布などの影響を受ける。燃料の蒸気圧は、季節ごとの平均的な蒸気圧が使用されている。気温の日内変化は、JATOPII では、月平均の値が用いられている。駐車時間については、アンケート調査により得られた駐車時間分布が使用されている。

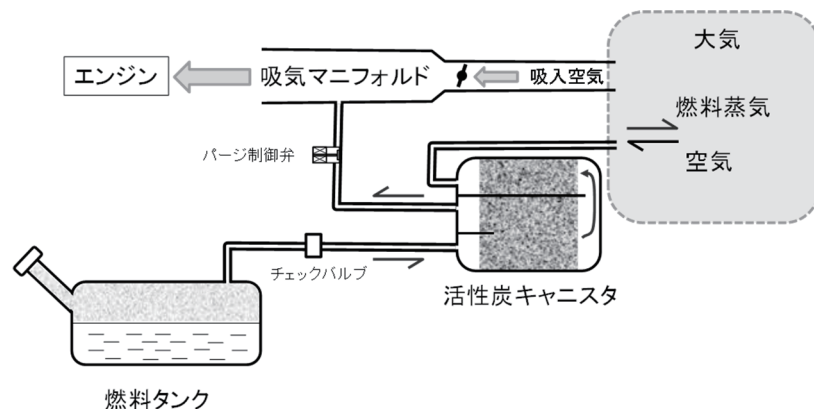


図 57 蒸発ガス抑制装置

以上のように、蒸発ガスの推計モデルは、排気管からの排出量推計に比べて一般に馴染みが薄く、これまで、我が国では、推計手法や推計に使用されているデータ等について、検討が不十分であった。今回、排出量推計手法検討 WG において、排出量推計手法についての詳細な説明の後、課題について検討した結果、以下のような事項が指摘された。

- ・ 蒸発ガス排出量推計モデルは、SHED (Sealed Housing for Evaporative Determination) による蒸発ガス試験データ (室内試験によるデータ) を基にした蒸発ガス発生モデルが使用されているが、リアルワールドとの検証は十分か？
- ・ 燃料タンク温度は蒸発ガス発生量を左右する重要因子であり、現状は、気温や気温に時間遅れを考慮した値が使用されているが、路上駐車と室内駐車では、燃料タンク温度が異なる可能性があり、検討の余地がある。また、温度変化は、日によって異なるため、月平均値のデータでは、場合によっては、過小評価になる時がある。
- ・ 燃料タンクの充填率や駐車時間の分布は、キャニスタが破過して蒸発ガスが外気に排出されるまでの時間を左右する重要な因子であるが、いずれも、アンケート調査をもとに設定されている。また、データが古く、代表性にも問題があると考えられるので、更新が必要。
- ・ 化学輸送モデルの入力を考慮すると、排気管からの排出ガスと同様、VOC 成分の詳細な情報を整備する必要がある。
- ・ その他、我が国では、米国では考慮されている液体燃料の漏れ (リキッドリーク) や経年劣化補正が未考慮である。これらは、整備状況などの使用実態とも関係するため、わが国の実情を考慮して、推計に取り入れるかどうかを検討する必要がある。

2.2.6 排出量推計手法の主な課題に対する対応策

これまで示したように、現状の排出量推計には、多くの課題があることが把握できた。これらの課題は、直ぐに対応可能なものから、新データの収集や解析を必要とするものなど、多岐にわたっているため、対応策については、以下のような考えの下に取りまとめた。

車両の区分など、排出量推計検討 WG の関係者間で合意が得られる課題については、推奨案として示した。新たなデータの計測や収集、解析が必要な課題については、今後の研究課題として示すことにした。

検討を実施した詳細な課題と対応策については、表 10 に一覧を示したので、参照いただきたい。以下に、主な課題とそれに対する対応策について示す

(1) 推計対象過程、推計対象物質等について

推計対象の排出過程や対象物質については、推計機関ごとに異なっているが、ここでは、今後、推計することが望ましい排出過程や対象物質を示す。

- ・ 排出過程
テールパイプエミッション (始動時及び走行時)
蒸発ガス (停車時、走行時、給油時)、給油時は固定発生として推計される場合もある。
タイヤ、ブレーキ、巻き上げ粉じん
- ・ 推計物質

規制対象物質 (CO、THC (NMHC)、NO_x (NO、NO₂)、PM (SPM、PM_{2.5})
その他 (SO_x、NH₃、温室効果ガス (CO₂、CH₄、N₂O))

- ・ 成分データ (化学輸送モデル用)
VOC 組成、PM 組成

(2) 時間・空間分解能について

時間・空間分解能が異なることにより、排出補正に用いるデータが異なり、その結果、推計された排出量に差異を生じることがあることは、推計手法上、避けることが出来ないと考えられることから、推計目的に応じて、時間・空間分解能を適切に選択することで対応することを推奨する。

例えば、以下のような使い分けが考えられる。

- ・ 全国排出量の推移など経年変化の相対的な把握が目的の場合は、低分解能推計 (全国、年間排出量など)
- ・ 自治体等の環境保全対策など、対象地域の排出量の相対的な把握が目的の場合は、中分解能推計 (地域別、年間排出量など)
- ・ 化学輸送モデルの入力には、可能なかぎり、実環境における排出量を推計する必要があることから、高分解能推計 (3 次メッシュ、月別又は日別、時間排出量など)

また、異なる値の推計値が共存することになり、混乱をきたす恐れが考えられるため、推計値には、推計レベルの情報を必ず記載することが必要である。

(3) 実環境 (リアルワールド) との乖離について

排出係数や各種補正係数、推計に使用している活動量等が、実環境における値と乖離しているかどうかは、排出量推計値を評価する上で、極めて重要な問題である。しかしながら、これらを検証し、実環境に即したデータを得ようとするのは容易ではなく、多くの費用や労力を必要とする。

これらの課題に対する対応策としては、排出係数については先述した車載計測 (PEMS) データの活用、活動量については車両感知器 (トラフィックカウンター) や車載器からの情報 (プローブデータ) の活用が有益と考えられる。これらのデータは、現状では、整備途中の段階であることに加えて、解析法等の検討も不十分と考えられることから、今後の重要な研究課題と考えられる。

(4) 補正係数等の更新について

各種排出補正係数の更新については、新しい車両を用いた計測を行い更新することが望ましいが、これについても、多くの費用や労力を必要であることから、当面は、海外における情報をもとに、更新をしていくことが現実的と考えられる。

また、温度等の環境補正係数は、PEMS 等を用いた測定を行う際に、補正係数の算出を念頭に調査計画を策定し、データの蓄積を計ることが効率的と考えられる。経年劣化係数や高排出車補正については、使用過程車に対するサーベランスデータを元に設定するのが望ましいが、十分なデータが取得できない場合は、自動車メーカーにおける耐久試験データや RSD 調査の結果から、補正係数を設定、更新することも考慮する必要がある。

(5) 蒸発ガス排出量推計について

蒸発ガス排出量については、JATOP のみが、従来の米国の手法に準じた方法で推計を実施している。最近、我が国でも自動車からの蒸発ガスに対する関心が高まり、新しい車両を用いた計測データが公表されつつある。また、米国では後述するように、これまでの蒸発ガス試験法をもとにした推計手法から、蒸発ガスの発生機構をもとにした推計手法に変更されている。これらの状況を考慮すると、国内における最新情報や米国等の動向を参考に、推計手法や推計に必要な情報を再検討し、推計手法を再構築することが適切であると考えられる。

表 10 自動車からの大気汚染物質排出量推計の課題と対応策一覧

1. 排出量推計全般				
項目	現状と課題		対応策	
1	推計対象			
1-1	排出過程	環境省	テールパイプエミッション(始動時、走行時)	
		JATOP	テールパイプエミッション(始動時、走行時) タイヤ、ブレーキ、巻き上げ粉じん 蒸発ガス(停止時、走行時)	
		課題	推計対象が異なる	推計することが望ましい推計対象を提示 テールパイプエミッション(始動時、走行時、給油時) タイヤ、ブレーキ、巻き上げ粉じん 蒸発ガス(停止時、走行時)
1-2	対象物質	環境省	CO,THC,NO _x ,PM,CO ₂	
		JATOP	CO,THC,NO _x ,PM,CO ₂ SO _x ,NH ₃ ,NMHC,NO ₂	
		課題	推計対象物質が異なる	推計することが望ましい対象物質を提示 規制対象物質(CO、THC(NMHC)、NO _x (NO、NO ₂)、PM(SPM、PM _{2.5})) その他(SO _x 、NH ₃ 、温室効果ガス(CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O))
			化学輸送モデルに用いる組成データの整備が必要	整備することが望ましい情報を提示 VOC組成、PM組成
2	時間・空間分解能	環境省	幹線道路:リンク別→県別 細街路:地域別(6地域)→県別 時間分解:休平日別時間排出量→年間排出量	
		JATOP	幹線道路:リンク別→3次メッシュ 細街路:道路種別→3次メッシュ 時間分解:休平日別時間排出量	
		課題	高分解能推計:温湿度などの環境変化による排出補正をきめ細かく行えるが、推計に手間がかかり、データ量が膨大になる。	推計レベルにより排出量に相違が生じることを容認 使用目的に応じて、適切な時間・空間分解能を選択 例えば 全国排出量の推移など経年変化の相対的な把握 →低分解能 自治体等の環境保全対策 →中分解能 化学輸送モデルの入力 →高分解能
3	車種分類	環境省	車種別:8車種:軽乗用、乗用、バス、軽貨物、小型貨物、貨客、普通貨物、特種+二輪(4車種:原付1種、2種、軽二輪、自動二輪) 燃料別:2区分(ガソリン、軽油)	
			重量区分別 D乗用:2区分(小型(1.25t以下)、中型) バス、貨物、特種:8区分(軽量(1.7t以下)、中量(1.7~2.5t)、2.5t~3.5t ~ 5.0t ~ 7.5t ~ 12.0t ~ 25.0t ~)	
		JATOP	車種別:7車種:軽乗用、乗用、バス、軽貨物、小型貨物、普通貨物、特種+二輪(4車種:原付1種、2種、軽二輪、自動二輪) 燃料別:3区分(ガソリン、軽油、LPG(営業用乗用車)) 重量区分別 D乗用:2区分(小型(1.25t以下)、中型) バス、貨物、特種:8区分(軽量(1.7t以下)、中量(1.7~2.5t)、2.5t~3.5t ~ 5.0t ~ 8.0t ~ 12.0t ~ 25.0t ~) 業態別:2区分(自家用、営業用)	
		課題	貨客、LPGの取り扱い	貨客は軽量貨物に含める。 LPGはガソリンに含める(化学輸送モデルに使用する際は、別途推計が望ましい)
			バス、貨物、特種の重量区分の一部に相違が存在(環境省:5.0t~7.5~12.0t、JATOP:5.0t~8.0~12.0t)	5.0t~7.5~12.0tを推奨
			業態別(自家用、営業用)推計の必要性	始動時排出量、劣化補正等には、業態別推計が望ましい
			燃費基準の重量区分との対応	CO ₂ 排出量の推計には燃費基準の区分への対応が望ましい。汚染物質は従来通り
			新燃料(CNG、バイオ燃料、水素等)新技術(EV,HEV、PHEV、アイドルストップ等)への対応	今後、車両の普及状況に応じて対応することが望ましい

表 10 続き

2. 始動時排出量推計				
項目		現状と課題		対応策(案)
1	推計手法	始動時排出量 $\text{車種・成分} = \sum \text{ソーク時間} (\text{始動回数} \times \text{車種・ソーク時間} \times \text{始動時排出係数})$ $\text{車種・成分・ソーク時間} \times \text{保有台数} \text{ (車種)}$		
		排出補正	ソーク時間補正	
			温度、湿度補正	
			劣化補正	
		課題 特になし(推計手法、排出補正は現状維持)		
2	活動量データ	時刻別ソーク時間別始動回数	平成17年度OD調査データの解析から求めた、業態別、車種別、時刻別、ソーク時間別始動回数データを使用、全国平均のデータを適用	
		課題	データが古い	更新が望ましい
			地域差の考慮	現状は、地域差が少ないため、全国平均データを適用地域毎のデータがあるため、必要に応じ対応
3	排出係数	設定法	始動時排出係数=冷間時排出係数-暖機後排出係数(試験モードは、JC08モード等)	
		課題	試験モードの代表性(リアルワールドとの相違)	PEMSデータ等の解析により検証が必要(研究課題)
			設定に使用したN数が少なく代表性が問題	データの収集を計る不足する場合は、海外データの活用も検討
			今後、コールド・ホットコンパインドモードの採用により、始動時排出係数設定用データの入手が困難になる	今後、データを整備するための対応が必要。例えば、PEMSデータの活用や暖機状態での試験の追加など
4	排出補正			
4-1	ソーク時間補正	環境省	独自調査に基づく補正係数を使用、全成分について同一補正係数を適用	
		JATOP	独自調査に基づく補正係数を使用、成分ごとに異なる補正係数を適用	
		課題	データが古く、新しい車両のデータがないが、試験結果をもとに整備するためには、多額の費用が必要	新しい車両についてのデータを整備する必要があるが、当面は、海外データの活用も検討
			成分毎補正の必要性	成分毎の補正が望ましい
4-2	温度、湿度補正	温度補正は、JCAPIにおける2台の試験結果をもとに、試験結果に近いEMFAC7Gの補正係数を選択して設定した補正係数を使用 湿度補正係数は、TRIASと同じ補正を適用		
		環境省	新短期規制より前のG車両に適用 補正に用いる温度、湿度データ：県別季節別時間別温度湿度データ	
		JATOP	すべてのG車と新短期規制以降のD車に適用 補正に用いる温度、湿度データ：3次メッシュ別、月別時間別温度湿度データ	
		課題	空間、時間分解能の相違により、排出補正量が異なる	時間空間分解能のレベルを表示して排出量を示す。分解能の相違による排出量の違いは容認
			補正係数データが古く、新しい車両についてのデータがない	更新が望ましい。PEMSデータや海外データの活用を検討
5	時間・空間配分	時間配分は、活動量データとして設定		
		課題	車籍地(保有情報)と実際の始動場所との乖離はないか、検証が必要	ODデータの再解析やブローブデータ等の活用による検証が望まれる(研究課題)
6	その他	課題	化学輸送モデルの入力データとして、規制成分だけでなく、NH3、NO2/NOx比率、NMHC成分、PM成分(EC、OC、SO4等)の排出ガスの詳細な成分データの整備が必要	既存データの収集を計るとともに、排出ガス試験を実施している機関にデータの整備を要請

表 10 続き

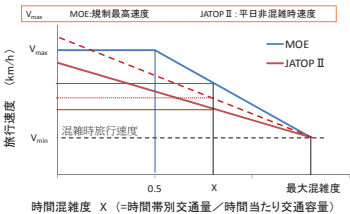
3. 走行時排出量推計			
項目		現状と課題	対応策(案)
1	推計手法	走行時排出量 $\text{車種,成分} = \sum \text{年式}(\text{排出係数}_{\text{車種,成分,年式}} \times \text{年式別走行比率}_{\text{車種,年式}}) \times \text{走行量}_{\text{車種}}$	
		排出係数	車種別、規制年別に平均旅行速度の関数として定義
		排出補正	温度、湿度補正
			劣化補正
			DPF再生時の排出補正(JATOPのみ)
			高排出車補正(JATOPのみ)
		課題	DPF再生時の排出補正、高排出車補正の適用 局所汚染には対応不可 道路縦断勾配は未考慮
			適用が望ましい MOVESのような広域から局所まで対応可能なものにするか？ 現行の局所モデルで対応するか？ 検討が必要。(研究課題) MOVESのような縦断勾配を考慮可能なモデルにするか？ 勾配補正で対応するか？ 検討が必要。(研究課題)
2	活動量データ	総走行量	自動車燃料消費統計調査(平成22年9月までは自動車輸送統計調査)
2-1	走行量	幹線道路	道路交通センサス
		細街路	細街路走行量＝総走行量(自動車燃料消費統計)－幹線道路走行量(道路交通センサス)
		課題	統計調査の変更に伴う総走行量データの継続性への対応
			自動車燃料消費調査に基づく走行量を採用。経年変化を見る際には、両統計調査の接続係数を用いて継続性を確保する。
			道路交通センサス一般交通量調査の簡素化(車種区分の削減、8→4→2車種、休日の調査が終了)
			登録情報やOD調査データ等をもとに、車種別走行量を算定する手法の再検討が必要(研究課題)
			交通量の地域配分手法(車籍地ベースの走行量である自動車燃料消費調査データを走行地ベースの走行量に変換する手法)
			現状は、PRTRIにより開発された手法を適用しているが、手法の再検討、検証が必要(研究課題)
			総走行量(統計データ)の検証
			リアルワールド交通量の推計(現状は、休平日のみ考慮、特異日や天候を考慮した推計が必要)
			研究課題 プローブデータ等の解析をもとにモデル化を検討(研究課題)
2-2	走行係数(年式別の利用率の補正係数)	環境省	8都府県におけるナンバープレート調査と登録情報をもとに設定
		JATOP	平成17年度OD調査データから年式別走行距離を求め設定
		課題	ナンバープレート調査による手法は、代表性が課題(限定された調査地域の結果)。
			OD調査による手法は、データの更新が課題
3	排出係数		
3-1	排出係数	実走行モードによる排出データをもとに環境省が設定した車種別、規制年別、平均旅行速度別の排出源単位を使用 乗用車、軽量車等は、g/km/台 重量車は、g/km/t/台(×平均車両重量(t))	
		課題	排出原単位とPEMSで測定された実走行時の排出係数に乖離が存在
			PEMSデータを蓄積して実態を把握、必要性に応じ補正。台上試験のテストサイクルを使用実態を反映したものに改良(研究課題)
			原単位作成データの代表性
			市場のシェアを考慮した試験車の選定
			ブローバイガスの排出源単位の設定
			古いディーゼル車のみ低減。新しい車両は必要なし(対策済)
			タイヤ、ブレーキ、路上粉じん等の排出源単位の設定
			文献や既存データをもとに設定することが望ましい。
3-2	平均旅行速度		
		細街路	一律 20km/h
		課題	環境省とJATOPの平均旅行速度の設定法に相違
			最近の研究(小塚ら,2012)によれば、信号密度の高い道路においては、混雑時旅行速度と12時間平均旅行速度とがあまり変わらないことが示されている。これらの研究成果を参考に、平均旅行速度の設定法を再検討する必要がある。(研究課題)
			細街路の平均旅行速度は、地域や道路種別により異なる可能性大。実情を反映する必要がある。
			プローブデータ等をもとに設定するのが望ましい(研究課題)

表 10 続き

3-3	重量車の平均車両重量(積載率)	環境省	OD調査の積載量と最大積載量から積載率を設定。車両重量、最大積載量は、ナンバープレート調査結果から設定(車両重量は、車両総重量と最大積載量の関係から算出)。		
		JATOP	自動車輸送統計調査をもとに積載率を設定。車両重量、最大積載量は、登録情報をもとに設定。		
		課題	環境省とJATOPの平均車両重量の設定法に相違(環境省の方がやや軽い)	車両重量、最大積載量は、保有情報から算出 積載率は、自動車輸送統計をもとに設定	
3-4	道路の縦断勾配	上下線で相殺されるとして未考慮			
		課題	上下線の交通量が異なる場合や排出ガスへの勾配の影響が非線形の場合は考慮が必要	当面は、必要に応じ、勾配補正係数で対応(補正係数は、国総研データ等を参考に設定)	
4	排出補正				
4-1	温度、湿度補正	温度補正は、JCAPにおける2台の試験結果をもとに、試験結果に近いEMFAC7Gの補正係数を選択して設定した補正係数を使用 湿度補正係数は、TRIASと同じ補正を適用 環境省は、新短期規制以降及びディーゼル車は補正なし JATOPは、すべてのガソリン車、新短期以降のディーゼル車にガソリン車と同じ補正を実施			
		課題	データが古く、新しい車両についてのデータがない。また、新しい車両については、温度補正は不要との指摘がある。	PEMSデータや海外データを活用して、再検討。新しい車両については、温度補正の必要性も含めて検討(研究課題)	
			ディーゼル車については、補正係数が未整備		
4-2	劣化補正	排出ガス耐久試験データ(自動車工業会提供)をもとに、走行距離に閾値として劣化係数を設定し、年式ごとに市場の平均走行距離を推定して補正			
		課題	検証が不十分	サーベランスデータやリモートセンシングデータ等を蓄積し、検証することが望ましい(研究課題)	
			新型車に対する劣化係数を定期的に整備する必要がある	耐久試験データの入手法も含めて検討が必要(研究課題)	
4-3	DPF再生時の排出補正(JATOPのみ)	DPF再生時における排出ガス試験データ(自動車工業会提供)をもとに、再生に伴う排出量の増加分を補正			
		課題	検証が不十分		
			データの整備(入手、更新)	自動車業界や排出ガスデータ提供機関に試験項目の追加を要請してデータを収集し、それらをもとに設定。	
4-4	高排出車補正(JATOPのみ)	リモートセンシング(RSD)を用いて、高排出車割合を算出して排出量を算定。高排出車の排出係数は、後処理なし車の排出係数を適用			
		課題	高排出車割合を求めるための定期的な更新が必要	定期的によりリモートセンシング調査を実施し、更新することが望ましい。	
			高排出車の排出係数の整備	自動車業界や排出ガスデータ提供機関に試験項目の追加を要請してデータを収集し、それらをもとに設定。	
5	時間、空間配分	走行量の項に記載			
6	その他	課題	化学輸送モデルの入力データとして、規制成分だけでなく、NH ₃ 、NO ₂ /NO _x 比率、NMHC成分、PM成分(EC、OC、SO ₄ 等)の排出ガスの詳細な成分データの整備が必要	既存データの収集を計るとともに、排出ガス試験を実施している機関にデータの整備を要請してデータを収集、それらをもとに設定。	

表 10 続き

4. 蒸発ガス排出量推計			
項目	現状と課題		対応策(案)
1 ランニングロス (Running Loss)	推計手法	ランニングロス(g) = RL排出係数(g/km) × 走行量(km)	
	排出係数	試験結果をもとに設定	
	走行量	走行時排出量推計と同じ	
	課題	排出係数設定に使用したデータ数が少なく、データも古い。 推計手法についても、新しい車両のデータを元に再検討が必要	新しいデータの収集を計り、更新することが望ましい。 米国のMOVESなどの情報をもとに、推計手法の再検討が望ましい。(研究課題)
2 ホットソークロス (Hot Soak Loss)	推計手法	ホットソークロス(g) = HSL排出係数(g/回) × エンジン停止回数(回)	
	排出係数	試験結果をもとに設定	
	停止回数	平成17年度OD調査データの解析から求めた、業態別、車種別、時刻別、停止回数データを使用、全国平均のデータを適用	
	課題	排出係数設定に使用したデータ数が少なく、データも古い。 停止回数データが古い、更新が必要	新しいデータの収集を計り、更新することが望ましい。 新しOD調査データの解析を行い、更新することが望ましい
3 呼吸ロス (Diurnal Breathing Loss)	推計手法	キャニスタ破過前: DBL排出量(g)=0 キャニスタ破過後: DBL排出量(g)=蒸発ガス発生量(g/タンク空隙容量gal) × タンク空隙容量(gal) 蒸発ガス発生量は、Reddyの式と駐車時間から計算	
	タンク内温度	月平均の温度プロファイル(時刻別気温データ)を使用	
	キャニスタ容量	自工会調査データをもとに車種ごとの平均値を設定	
	駐車時間	JATOP独自アンケート調査より設定	
	課題	Reddyの式が実態と乖離しているとの指摘がある	最近の国内における研究成果や米国のMOVESなどの情報をもとに、推計手法の再検討が望ましい。(研究課題)
		月平均の温度プロファイルでは、排出量の最大値を過小評価。日々の温度プロファイルの考慮が必要 駐車時間データの代表性(アンケート調査のN数が少ない)	化学輸送モデルの入力に使用するEIには、日々の温度プロファイルを用いた推計が望ましい。(研究課題) N数を増した調査を行い、代表性を確保するとともに、地域差(都市部、郊外)等を考慮することが望ましい。
4 燃料ホースからの透過ロス	推計手法	透過ロス(g) = 排出係数(g/h) × 駐車時間(h)	
	排出係数	実験データをもとに設定	
	駐車時間	JATOP独自アンケート調査より設定	
	課題	排出係数設定に使用したデータ数が少ない。 気象や走行によるタンク温度の変化が排出量に及ぼす影響が未考慮	最近の国内における研究成果や米国のMOVESなどの情報をもとに、推計手法の再検討が望ましい。(研究課題)
5 給油ロス (Refueling Loss)	自動車発生源としては、未推計、固定発生源としての取り扱い		
6 蒸発ガス全般	課題	経年劣化	実態調査を行い、劣化補正の必要性について検討する必要がある。(研究課題)
		リキッドリークの考慮	実態調査を行い、必要性の有無を検討する必要がある。(研究課題)
		蒸発ガス推計手法の再検討 米国MOVESでは、試験法ベースの推計から発生メカニズムベースの推計法に変更	米国等の情報を参考に、蒸発ガス推計モデルや必要なデータの収集、整備を含めた蒸発ガス推計手法に関する検討が必要(研究課題)

2.3 排出量推計の海外動向

日米欧の自動車排出量推計の手法について調査したところ、欧州の手法は、我が国と同様、平均旅行速度の関数として定義された排出係数を用いる手法が主流であったが、米国 EPA は、最近、従来の平均旅行速度ベースの排出係数を用いた Mobile モデルに替えて、新しい考え方を取り入れた MOVES (Motor Vehicle Emission Simulator) (米国 EPA、2014) を採用した。

MOVES は、2004 年に開発を開始して以来、改良が加えられ、2014 年にリリースされた MOVES2014 が最新版である。図 58 に MOVES の概要を示す。MOVES では、国全体のスケールから道路沿道のような局所を対象にしたスケールまでを、同じ排出量推計の考え方で扱えるモデルとなっている。

そのため、これまでの平均旅行速度の関数で定義されていた排出係数を改め、以下の式で示す、走行時の出力を車両重量で除した VSP (Vehicle Specific Power) の関数として定義された排出係数を用いている。

$$VSP_t = \frac{Av_t + Bv_t^2 + Cv_t^3 + mv_t a_t}{a} \quad (\text{kW/Mg})$$

v_t : velocity(m/sec)

a : acceleration (m/sec²)

m : weight (ton)

A : rolling resistance (kW-sec/m)

B : rotating resistance (kW-sec²/m²)

C : aerodynamic drag (kW-sec³/m³)

局所スケールの排出量推計では、毎秒ごとの VSP に応じた排出係数を用いるが、一般的な、国全体や地域全体の排出量は、図 59 に示す VSP クラスと速度クラス毎に設定された排出係数と道路区間ごとに設定された各モードの運転時間比率、総運転時間とから推計される。図 60 に速度と VSP の区分ごとに設定された排出係数、図 61 に、道路区間ごとの速度と VSP の時間割合の例を示す。

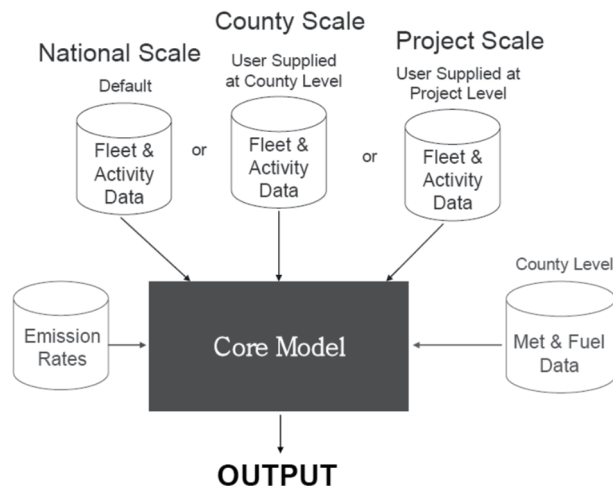


図 58 MOVES の構成

	Speed Class (mph)			
	1-25	25-50	50 +	
30 +	16	30	40	21 modes representing "cruise & acceleration" (VSP>0)
27-30				
24-27		29	39	
21-24		28	38	
18-21				
15-18			37	PLUS 2 modes representing "coasting" (VSP<=0)
12-15		27		PLUS One mode each for idle, and decel/braking
9-12	15	25		
6-9	14	24	35	
3-6	13	23		Gives a total of 23 opModes
0-3	12	22	33	
< 0	11	21		

7

図 59 走行時の排出係数設定区分 (J. Koupal ら、2010)

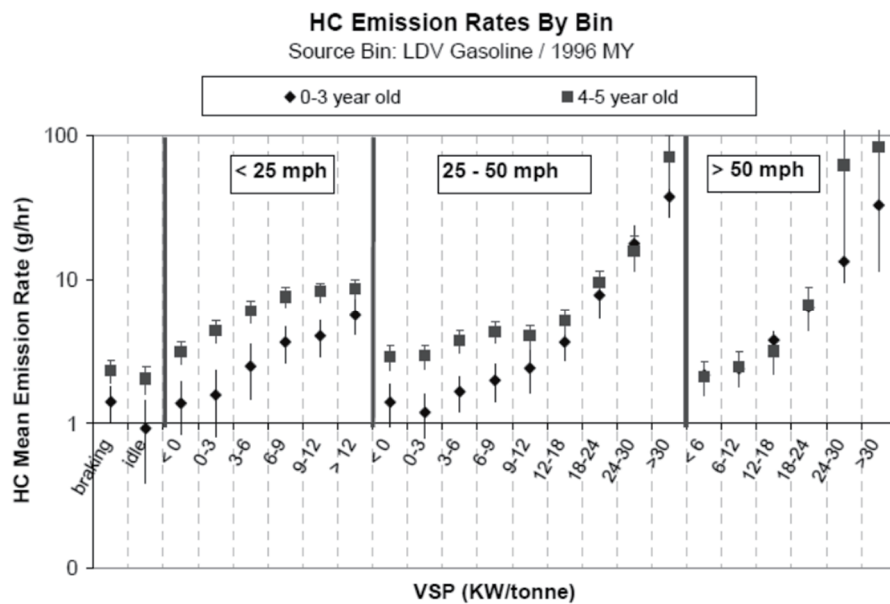


図 60 MOVES における排出係数の例 (LDV、HC) (J. Koupal ら、2010)

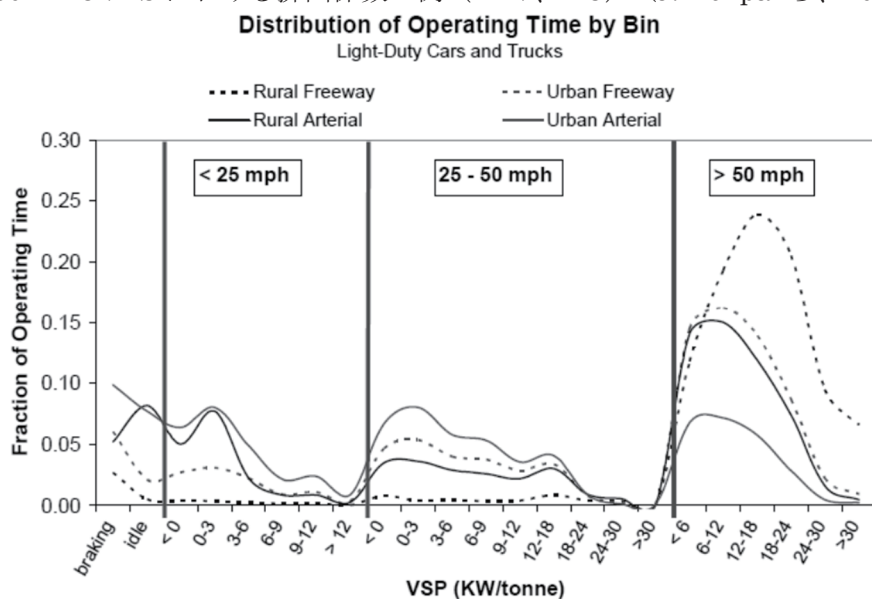


図 61 道路種別ごとの速度と VSP の時間割合 (J. Koupal ら、2010)

MOVES は、これまでの排出量推計手法に比べて、以下のような特色を有している。

- ・ 道路の縦断勾配の影響を考慮可能（わが国では、未考慮）
- ・ 走行モード（アイドル、加速、定常、減速比率）の変化に対応可能
- ・ 広域から局所の排出量推計に対応

アイドル比率などの走行モード比率は、ハイブリッド車やアイドルストップ車の増加、ITS の普及などにより、今後、大きく変化することが予想されるため、将来に交通事情を考慮すると、今後の排出量推計に有益と考えられる多くの機能が備わっている。

その他、MOVES では、蒸発ガス排出量の推計などにも改良が加えられている。米国 EPA のこれまでの蒸発ガス排出量推計は、蒸発ガス試験法に基づいたもので、JATOP II の推計と同様な、以下の 4 つの排出過程について推計が実施されてきた。

- ① Running Loss : Vapor lost during vehicle operation.
- ② Hot Soak : Vapor lost after turning off a vehicle.
- ③ Diurnal Cold Soak : Vapor lost while parked at ambient temperature.
- ④ Refueling Loss : Vapor lost and spillage occurring during refueling

MOVES では、発生機構ベースの推計手法に変更され、以下の 4 つについて排出量推計が行われている。

- ① Permeation : The migration of hydrocarbons through materials in the fuel system.
- ② Tank Vapor Venting (TVV) : Vapor generated in fuel system lost to the atmosphere, when not contained by evaporative emissions control system.
- ③ Liquid Leaks : Liquid fuel leaking from the fuel system, ultimately evaporating.
- ④ Refueling Emissions : Spillage and vapor displacement as a result of refueling

このような変更により、Running Loss と Diurnal Cold Soak は、タンク内における蒸発ガス起源の排出として、同じ考え方で推計が行われることになっている。そのため、運転時や駐車時のタンク内の燃料温度を推定するモデルが開発され、蒸発ガス発生量の計算に適用されている。Permeation は、燃料配管等からの透過による排出であるが、JATOP II の推計では、時間当たり常に一定の値が設定されているが、燃料温度や燃料種別の影響が考慮されるモデルとなっている。

以上のように、MOVES は、従来の Mobile モデルに比べて、将来、有益と考えられる機能が備わっているが、道路の情報や排出係数の設定には、時間分解能の高い排出データが必要になるなど、我が国に適用するためには、推計に必要なデータの整備などの課題が残されている。今後、情報通信の進歩により、実際に走行中の車両からの位置や速度情報などのデータ（いわゆるプローブデータ）が蓄積されつつある状況を考慮すると、我が国でも検討の余地があると考えられる。なお、米国 EPA は、MOVES の開発に約 10 年間で費やしていることから、長期的な視野を持って開発を進める必要があると考えられる。

IV 結論

本調査研究は、

- ・ 道路沿道における PM_{2.5} 等に及ぼす要因解析
- ・ 自動車からの PM_{2.5} 排出量推計

の 2 課題から構成されている。

道路沿道における PM_{2.5} 等に及ぼす要因解析では、昨年度に引き続き、川崎市の道路沿道とその後背地において、ナノ粒子を含む微小粒子の粒径分布や微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 濃度の測定を実施した。また、2 年間の連続測定および集中観測データに、別途実施された交差点の気象要素、粒径 10 nm から 500 nm の間の粒径別粒子数、ガス (NO、NO₂、CO、SO₂) データを集約し、粒径別粒子数データ、粒径別試料や PM_{2.5} 試料の成分毎濃度などのデータを用いて、発生源寄与を解析し、沿道および後背地の大気環境に及ぼす自動車の寄与を明らかにした。解析には本研究開始以前に同交差点で捕集された粒径別試料も含め、最近 10 年間の長期的な発生源寄与率の変化も明らかにした。

2004 年からの長期的な大気濃度、自動車排気の寄与濃度や寄与率、普通貨物自動車からの排出量の変化をみても明らかに自動車排気は清浄になってきていると考えられる。また、様々な解析により、2015 年、2016 年の冬季における自動車排気の寄与率については PM_{2.5} としては約 30% であることが分かった。一方、粒径全体に渡り EC や、PM_{0.1} のいずれの成分も寄与が比較的高い結果となっていた。夏季は冬季に比べ、寄与が下がり 13% 程の寄与であった。ただしこちらも冬季と同様、小さな粒子の寄与が比較的高い結果となった。また、個数濃度の経年変化としては普通貨物自動車からの排出量と異なり大きな減少傾向が見られなかった。今後も EC の問題と粒径 100 nm 以下の小さい粒子の問題が残ると考えられ、微小な粒子には健康影響の懸念もあることから、これらの削減対策が引き続き必要になると考えられる。

また、本結果は長期的な観測データの積み重ねの上に得られた。現在 PM_{2.5} は国民の関心が高いが、実はそれに含まれるより小さな粒子が存在しており、欧州では自動車の排気規制にも個数やナノ粒子の規制が入ってきている。将来国民の関心が小粒径側にシフトしていくと考えられるため、そのような知見を予め蓄積しておくことは重要である。PM_{2.5} 騒動の際にも、PM_{2.5} の国内データがあったことから冷静に対処できた面はある。その意味で環境中のナノ粒子の個数濃度データの経年の推移を継続的に調査しておくことは重要である。今回の試料採取地点については、ナノ粒子を含めた粒径別の個数濃度に関して、10 年以上のデータ蓄積があり、これは世界でも唯一の極めて重要なデータである。

一方、現在の環境基準で規定されている測定項目以外にも研究段階の測定項目も含めて幅広く大気質を捉えておくことによって、将来において対応が必要になる際に迅速な対応が可能になる。また、常時監視項目と未規制の物質濃度や特性との関係性を蓄積することで、地域特性を考慮した上でこの関係性を他地域にあてはめれば、おおよその経年的な変動の傾向がつかめることになる。地球環境や越境汚染等の監視を目的に比較のリモート地域でのいわゆるスーパーサイトが国内にも複数箇所が存在しているが、都市大気を監視するスーパーサイトは筆者が知りうる限り存在しない。公共の福祉の観点からも、このような未規制の測定項目も測定可能な観測拠点を維持し、都市大気のモニタリングを行うことが重要であると考えられる。

自動車からの PM_{2.5} 排出量推計については、これまで、調査、収集したガソリン車からの PM 排出係数データをもとに、排出係数を設定し、ガソリン車を含めた自動車からの PM_{2.5} の排出量推計を実施した。自動車からの PM_{2.5} 排出量に占めるガソリン車からの PM_{2.5} 排出割合は、2013 年度時点で 3.9%、2030 年度時点では 45% (GDI が普及しないケース) から 68% (GDI 普及ケース) と算定され、ディーゼル車とガソリン車からの PM がほぼ等しい状況になることが推計された。しかしながら、自動車からの PM_{2.5} 総排出量は、2030 年度には、いずれのケースにおいても、2013 年度に比べて、1/10 以下になることから、大気環境に及ぼす影響は著しく低減される見込みであることが示された。以上の結果から、今後の道路沿道における PM_{2.5} 削減対策としては、環境負荷の低い新型車への転換、使用過程車の排出ガス性能の維持、バックグラウンド大気 (一般環境大気) の改善等が効果的と考えられた。しかしながら、前述したように、PM 排出量が大きく削減されてきたにも関わらず、EC や PM_{0.1} のように小さい粒子に対する自動車の寄与は高い水準を維持している。将来、EC が主体のガソリン車からの PM 排出割合が増加することが予測されることから、健康影

響も含めて、注視していく必要があると考えられる。

排出量推計手法についての検討では、自動車排出量推計の専門家や行政、自動車業界等の関係者から構成される自動車排出量推計手法検討WGを設置し、始動時排出量、走行時排出量、蒸発ガス排出量推計の手法や使用データなどについての妥当性や課題を検討し、時間や空間分解能の相違による温度補正などの影響が大きいこと、補正係数等の基礎データが古いため現状の車両を対象としたデータ収集と更新が必要であることなど、様々な課題があることを明らかにした。その上で、明らかになった課題について対応策を検討し、排出量推計手法を維持、改良していくための実施事項や研究課題を示した。また、米国を中心に、海外の排出量推計手法の動向についても調査した。米国では、約10年間の開発期間を経て、将来を見据えた新しい推計手法が採用されており、今後の我が国の排出量推計手法を検討する上で参考になると考えられた。しかしながら、これらの手法を日本において採用するためには、データの整備などの面で、多くの課題があることが明らかになった。

参考文献

- Ulbrich et al. (2009) Interpretation of organic components from Positive Matrix Factorization of aerosol mass spectrometric data, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9(9), 2891-2918.
- 高橋ら (2011) 北関東における微小粒子状物質のレセプターモデルと放射性炭素同位体比を組み合わせた発生源寄与率推定, *大気環境学会誌*, 46(3), 156-163.
- 萩野ら (2008) PMF 法を用いた有機エアロゾル質量スペクトルの事例解析, *大気環境学会誌*, 43(3), 161-172.
- Hagino et al. (2016) Laboratory testing of airborne brake wear particle emissions using a dynamometer system under urban city driving cycles, *Atmos. Environ.*, 131, 269-278.
- 早狩と花石 (2001) 環境データ解析用表計算マクロの紹介と解析例Ⅱ-CMB法解析マクロ-, *大気環境学会誌*, 36(1), 39-45.
- Fujitani et al. (2012) Seasonal differences of the atmospheric particle size distribution in a metropolitan area in Japan, *Sci. Total Environ.*, 437, 339-347.
- 国土技術政策総合研究所(2012)、道路環境影響評価等に用いる自動車排出係数の算定根拠(平成22年度版)、国土技術政策総合研究所資料 No.671号
- 数理計画 (2015)、環境省 平成26年度「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査報告書」
- 国交通省 (2016)、ガソリン直噴車のPM規制導入について(経過報告)、国土交通省資料
- 石油エネルギー技術センター (2012)、JATOP 技術報告書「大気改善研究 自動車排出量推計」、JPEC-2011AQ-06
- 数理計画 (2012)、環境省 平成23年度「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査報告書」
- 小林ら (2013)、我が国における自動車からの大気汚染物質排出量推計の現状と課題、第54回大気環境学会年会講演要旨集 3G0900
- 小林ら (2011)、自動車からの大気汚染物質および二酸化炭素排出量の推計ー自動車起点終点調査からの活動量の推定ー、第52回大気環境学会年会講演要旨集 2F1000
- 国土交通省 (2012)、自動車輸送統計 自動車燃料消費量統計年報、第48巻第13号 平成22年度分
- 環境省(2014)、PRTR届出外排出量の推計方法等の詳細
- 小塚ら (2012)、道路交通センサスデータからみた混雑度と旅行速度の関係に関する一考察、土木計画学研究 講演集、Vol.46、229_1-7
- 米国EPA(2014)、MOVES2014、<https://www.epa.gov/moves/moves-technical-reports#moves2014>
- J. Koupal ら (2010)、U. S. EPA's MOVES2010 vehicle emission model: overview and considerations for international application

謝辞

日本カノマックスには毎回の測定において NanoMOUDI II を貸与いただいた。PMF 解析には国立環境研究所高見昭憲氏、吉野彩子氏、三好猛雄氏の協力を頂いた。CMB 解析には日本環境衛生センター高橋克行氏の協力を頂いた。また、検討会委員の先生方には有用な助言をいただいた。またその他多くの方々の協力を得て本研究は推進された。ここに謝意を示す。

参考資料 1 道路沿道観測地点付近における普通貨物車からの PM 排出量推計

1. 推計手法の概要

図 1 に推計手順の概要を示す。普通貨物車からの排出量は、一般に以下の式で推計される。

$$\text{排出量(g)} = \text{排出係数 (g/km/t/台)} \times \text{走行時車両重量(t)} \times \text{走行量 (km・台)}$$

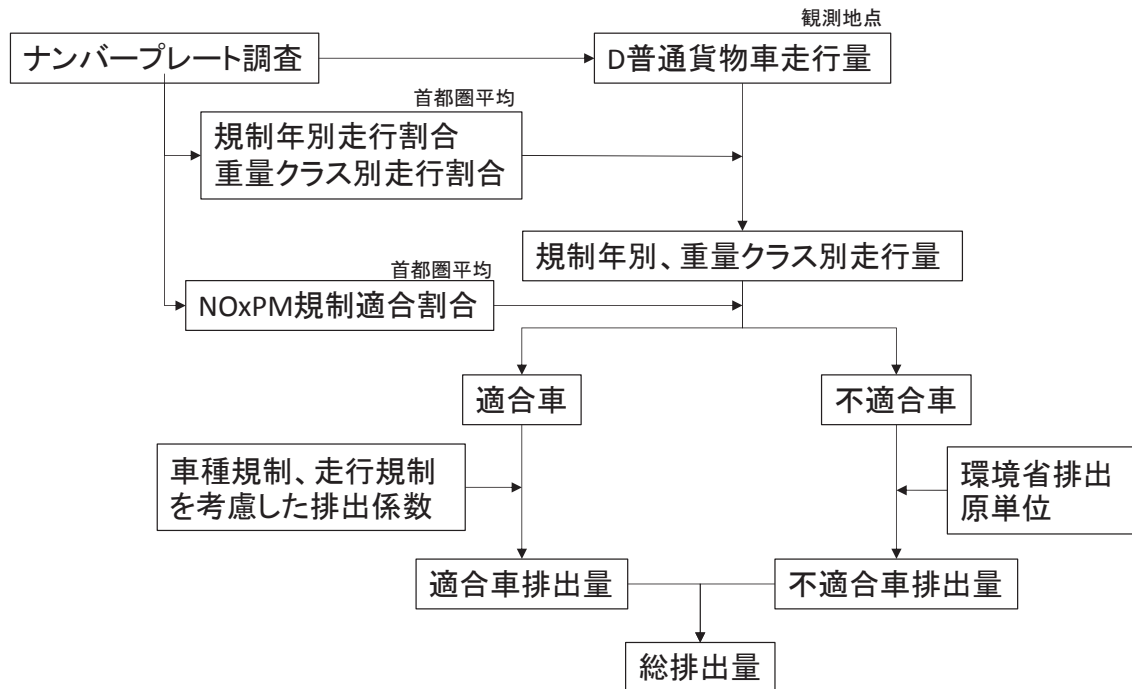


図 1 推計手順の概要

2. 走行量の算定

普通貨物走行量については、環境省の自動車交通環境影響総合調査（ナンバープレート調査）結果をもとに、本文で示した手順により推定した規制年別走行量を用いた。推定された走行量をもとに、ナンバープレート調査で得られている規制年別、重量クラス別走行割合を用いて、規制年別、重量クラス別走行量を求めた。なお、規制年別、重量クラス別走行割合のデータは、各調査地点のデータを比較したところ、首都圏内の地域差が少ないことが判明したため、ここでは、図 2 に示す首都圏平均の値を使用した。

規制年別、重量クラス別走行量は、さらに、ナンバープレート調査により得られた首都圏の運行規制への適合割合（図 3）を用いて、適合車と不適合車の走行量に分割した。

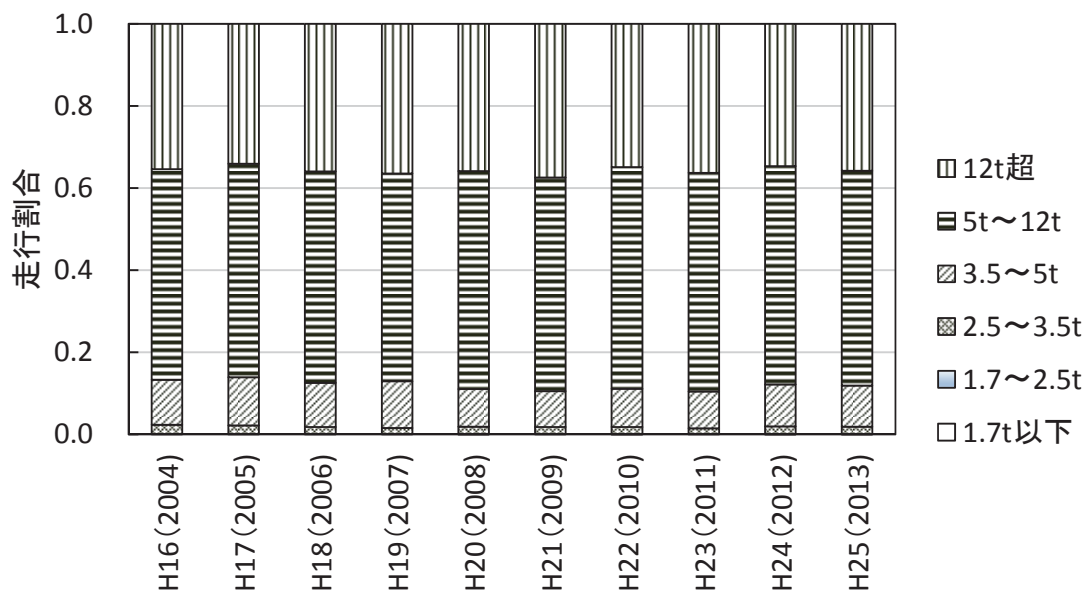


図2 重量クラス別走行割合の推移（首都圏平均）

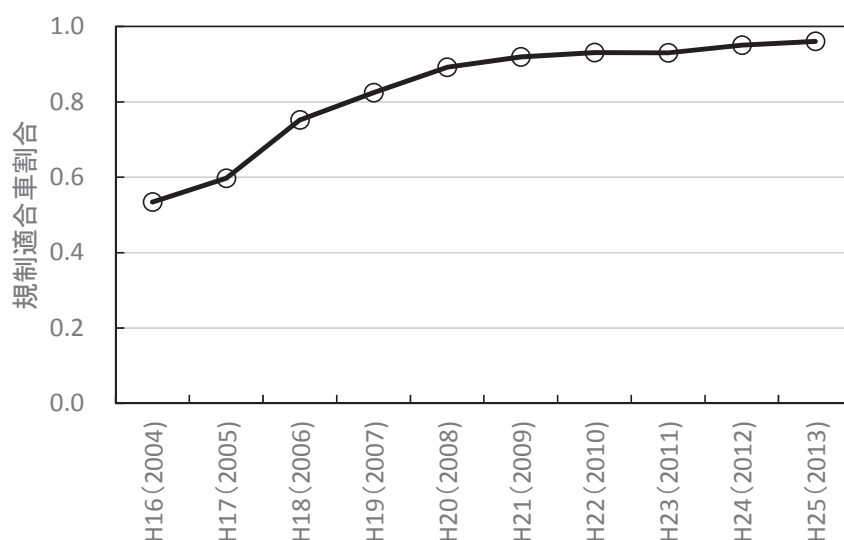


図3 規制適合車割合の推移（首都圏平均）

3. 排出係数の設定

規制不適合車については、車両の適合規制に対応する環境省の排出源単位を適用した。規制適合車については、新車時において適合の車両は、それに対応する環境省の排出源単位を適用した。PM減少装置取り付け車については、以下のように設定した。

NOxPM法への対応については、規制年に対応する環境排出原単位とPM減少装置のPM減少率（30%）とから設定した。首都圏の運行規制への対応については、規制年に対応する環境排出原単位とPM減少装置のPM減少率（表1）とから設定した。

GVW2.5t以上の重量車の排出係数は、単位重量当たりとして定義されているため、排出係数を設定する際には、走行時の車両重量が必要となる。ここでは、ナンバープレート調査に記載されている重量クラス別の平均車両重量を用いた（図4）。

表1 PM 減少装置の PM 減少率

	排出基準	
	長期規制レベル	新短期レベル
平成元、2年規制適合	0.6	0.7
平成元、2年規制適合以前		
平成5、6年規制適合	0.3	0.4
平成9、10、11年規制適合		0.3

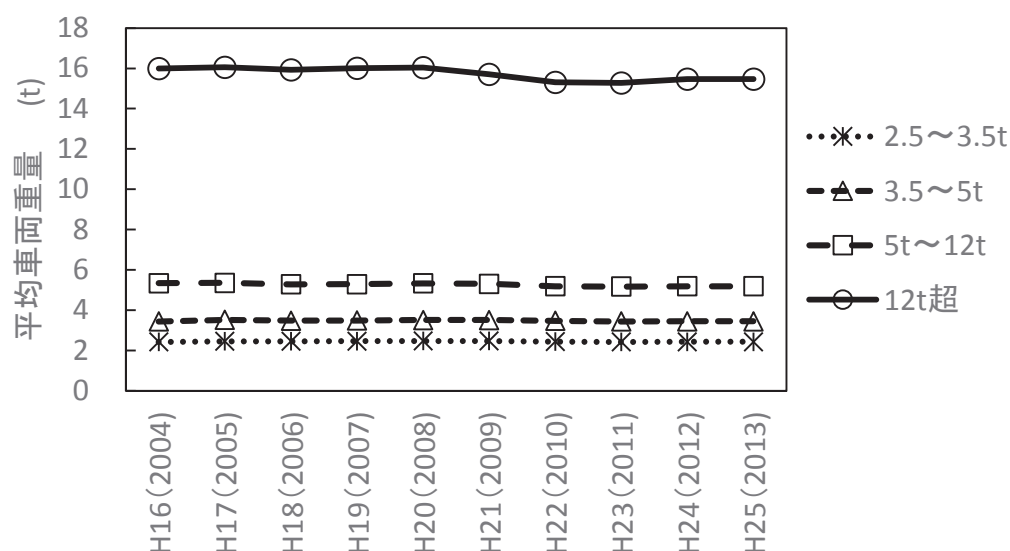


図4 平均車両重量の推移 (首都圏平均)

4. 算定結果

図5、6に算定結果を示す。観測地点近傍道路の単位距離当たりの平日1日当たりの排出量で示した。総量規制を考慮しない時の算定は、すべての車両に対して、規制に対応する環境排出源単位を適用した。なお、排出係数の算出に当たっては、平均速度を22km/hとした。

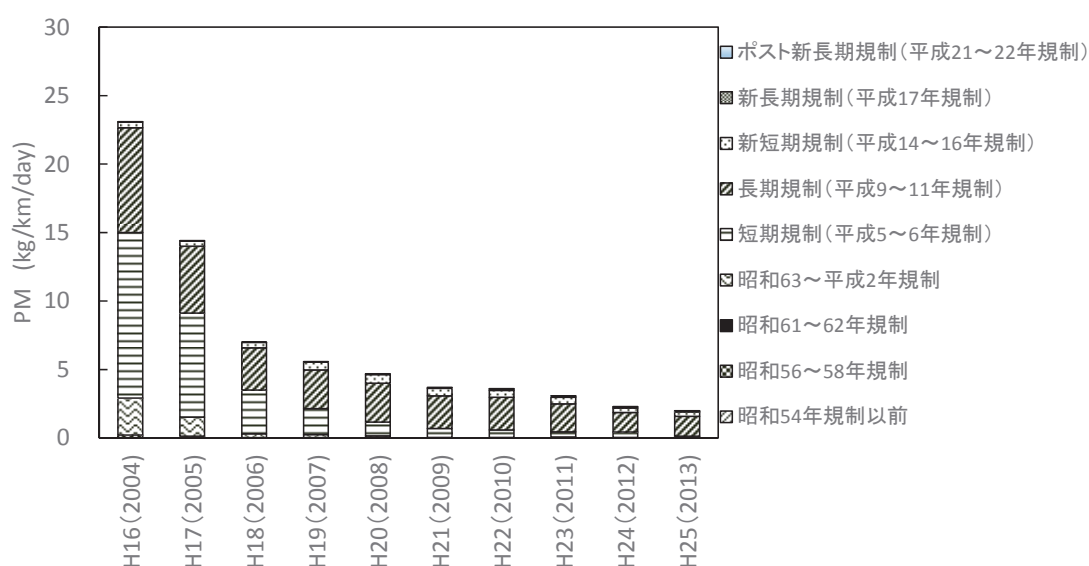


図4 道路沿道観測地点付近における普通貨物車からのPM排出量の推移 (首都圏の運行規制への対応を考慮した場合)

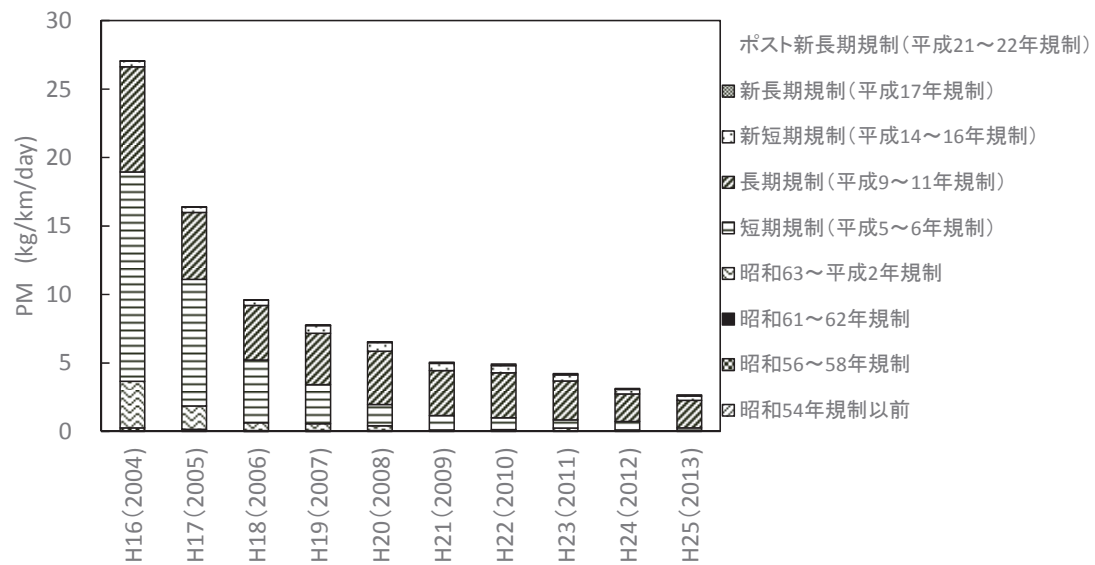


図5 道路沿道観測地点付近における普通貨物車からのPM排出量の推移
(首都圏の運行規制への対応を考慮しない場合)

参考資料2 ガソリン車からの車速別 PM 排出量係数の設定

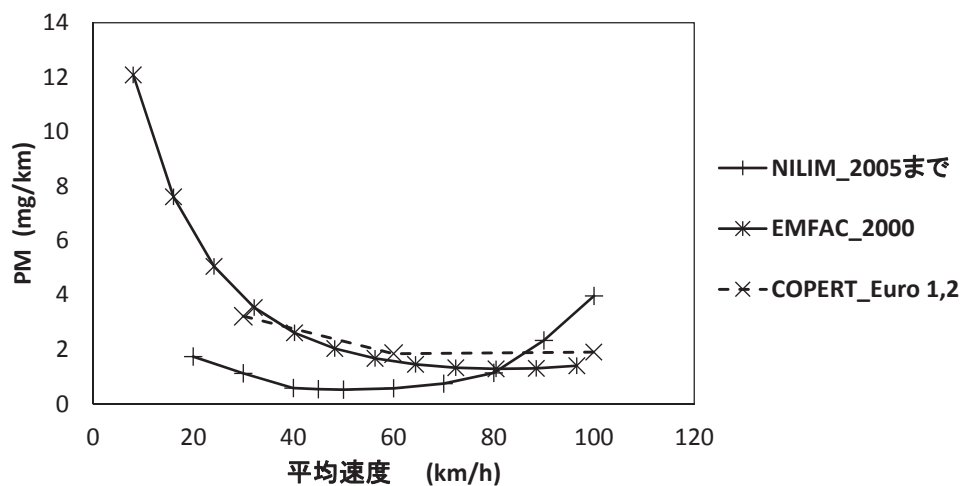
国内外を対象にしたガソリン車からの PM 排出データに関する調査の結果、わが国では、国土技術政策総合研究所が道路の環境影響評価を目的として設定した排出係数⁽¹⁾⁽²⁾、海外では、米国カリフォルニア大気資源局（ARB）の排出量推計モデル EMFAC⁽³⁾⁽⁴⁾において使用されているものは、排出係数が車速別に定義されていることに加えて、比較的新しい車両についての排出係数が設定されているなど、ガソリン車からの PM 排出係数の設定に際し、ベースデータとして使用可能であると判断した（図 1）。

一方、EMFAC では、年式ごとにきめ細かく排出係数が設定されているが、車種別には、乗用車を基本として、中量貨物車 MDV（GVW：2.7~3.8t）位の車両まで、ほぼ同じレベルの排出係数が設定されている。

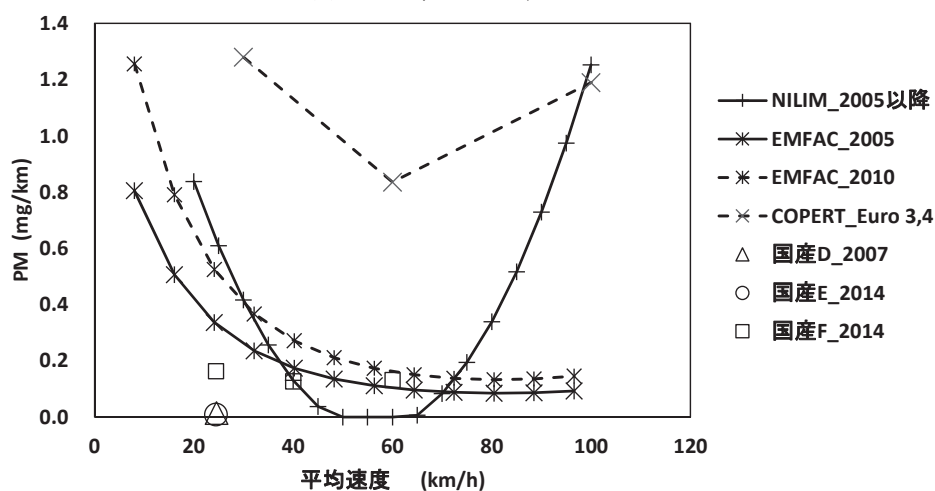
また、近年、直噴ガソリン車が市場に投入されているが、従来のガソリン車に比べて、PM 排出が多いことが懸念されている。現状では、データ数が少ないため排出係数を設定するには不十分であるが、今後のガソリン車の PM 排出係数の設定に当たって、考慮すべき事項と考えられる。

以上の状況を踏まえ、本研究では、国土技術政策総合研究所と EMFAC の排出係数を基本とし、それに加えて国環研から提供されたガソリン車からの PM 排出データ（図 1 の国産 D、E、F）等を参考に、PM 排出量推計に用いる排出係数を設定することにした。

EMFAC では、2005 年に比べて、2010 年の排出係数が大きな値に設定されているが、これは、PM 排出量が多い直噴ガソリン車の普及を考慮しているためである。また、2005 年以降における PFI ガソリン車の排出係数は、2005 年の排出係数データを適用することにした。



(a) 2000、2005 年式まで



(b) 2005 年式以降

図1 ガソリン乗用車の排出係数
(COPERT_Euro **, *: 欧州の自動車排出量推計モデル)

我が国のガソリン車は、軽自動車、乗用車、軽量貨物車などが主体であることから、乗用車についての排出係数を設定して、これらの車種については、同一の排出係数を割り当てることにする。また、PM 排出は排出ガス規制の影響が大きいことから、排出ガス規制のレベル別に設定することが望ましいと考えられるが、排出ガス規制区分ごとに設定するために必要十分なデータがないため、以下のような考えのもとに規制区分ごとの排出係数を設定した。

一般的な PFI ガソリン車から排出される PM は、混合気が過濃な条件下で生成されると考えられることから、同様な条件下で生成される CO の排出と似た挙動を示すものと考えられる。そのため、該当する規制区分のデータが無いときは、データが存在する規制区分の排出係数に CO の排出低減率を乗じて求めた。図 2 は、EMFAC における PM_{2.5} と CO の排出係数の推移を示すが、PM_{2.5} は CO と同様な傾向を示しており、この考え方の妥当性がわかる。PM_{2.5} の排出係数が 2005 年ごろを底として増加に転じているのは、前述したように、直噴ガソリン車の普及を考慮しているためである。

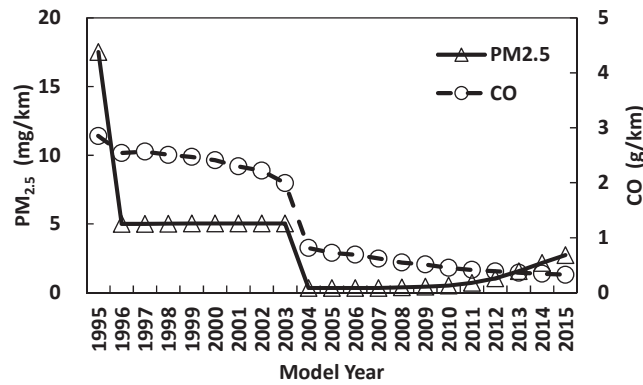


図2 EMFACにおけるPM_{2.5}とCO排出係数の推移

図3に我が国のガソリン乗用車のCO排出係数の経年変化^⑤を示すが、これをもとに、2000年まで、2000～2005年、2005年以降の3期間に分けてPM排出係数を設定することにした。

具体的には、国土技術政策総合研究所の2005年までの排出係数とEMFACの2000年の排出係数の平均を2000年の排出係数、国土技術政策総合研究所の2005年以降の排出係数とEMFACの2005年の排出係数の平均を2005年以降の排出係数とした。2000～2005年の排出係数は、2000年の排出係数にCOの2000年から2005年への削減率を乗じて求めた。

2005年以降について、別途、国環研から提供された排出データ（4車種、国産車2車種、外車2車種）をもとに回帰分析を行い、直噴ガソリン車の排出係数を設定した。

このようにして設定した排出係数を図4、図5に示す。なお、中量貨物車、重量貨物車については、他に適切なデータが存在しないため、国土技術政策総合研究所の排出係数をもとに、排出ガス規制の影響を考慮して設定することにした。

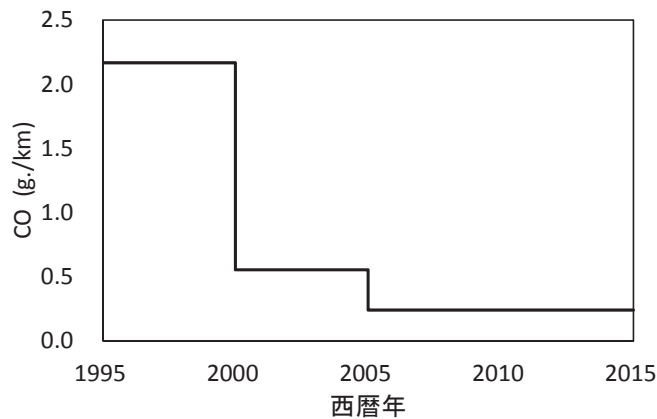


図3 我が国におけるガソリン乗用車のCO排出係数の経年変化（時速20km/h）

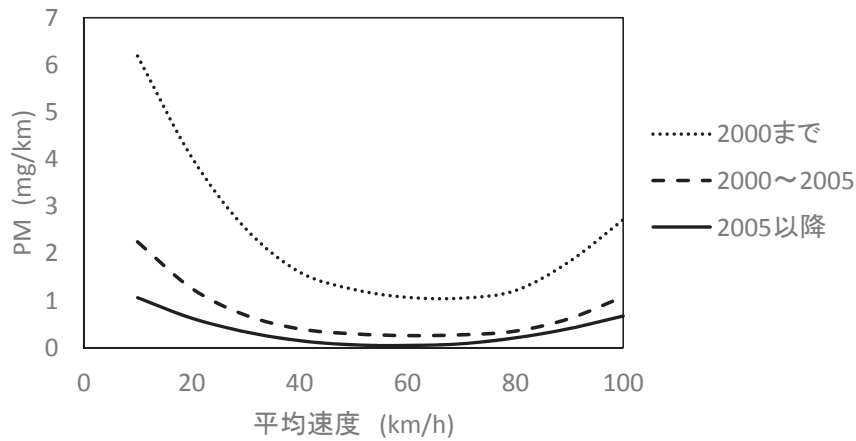


図4 ガソリン乗用車のPM排出係数（PFI車）

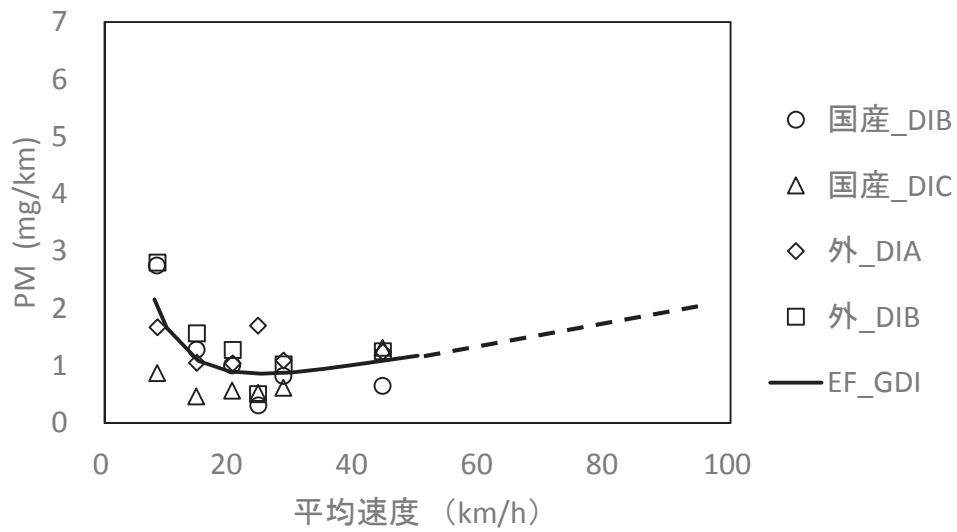


図5 ガソリン乗用車のPM排出係数（直噴ガソリン車）
（DI*：直噴*、EF：排出係数、GDI：直噴ガソリン車）

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所資料 No. 671 号、道路環境影響評価等に用いる自動車排出係数の算定根拠（平成 22 年度版）、平成 24 年 2 月
- 2) 国土技術政策総合研究所資料 No. 141 号、自動車排出係数の算定根拠、平成 15 年 12 月
- 3) EMFAC2011、California Environmental Protection Agency Air Resource Board、September 19、2011
- 4) EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2013
- 5) 環境省平成 23 年度「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査報告書」、平成 24 年 3 月、数理計画、

参考資料 3

独立行政法人環境再生保全機構

環境改善調査研究成果発表会資料

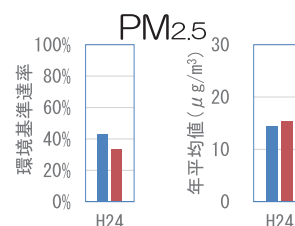
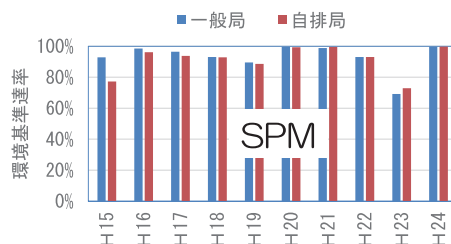
「道路沿道環境における微小粒子状物質（PM_{2.5}）
及びナノ粒子に及ぼす要因に関する調査研究」
（平成 28 年 3 月 9 日）

道路沿道環境における 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 及び ナノ粒子に及ぼす要因に関する 調査研究

公益社団法人大気環境学会
沿道PM_{2.5}・ナノ粒子研究会

研究の背景

- 道路沿道環境の現状
 - 浮遊粒子状物質濃度 (SPM)
 - ディーゼル車等に対する排出規制の強化により、著しく改善
 - 微小粒子状物質 (PM_{2.5})
 - 一般環境に比べて道路沿道の濃度はやや高く
 - 環境基準は、多くの地点で未達成
 - ナノ粒子
 - 道路沿道の濃度は、一般環境に比べ高い状況が続いている
- ⇒ 寄与率の大きいDEPが著しく低減された現在、PM_{2.5}やナノ粒子に対する対策を検討する際には、道路沿道のPMに及ぼす要因を詳細に検討する必要がある



研究の目的

- 道路沿道におけるPM_{2.5}やナノ粒子について
効果的な環境改善策の検討に資する情報を提供
 - 沿道大気のPMに及ぼす要因把握
 - 自動車およびバックグラウンドの寄与把握
 - 排出要因の把握
 - 粒径ごとの詳細成分分析
 - 排気 or それ以外
 - 効果的な削減対策の提案
 - これまでの各種対策の効果評価
 - 自動車の排出規制と排出量との関係解析
 - 排出量と大気濃度の関係解析

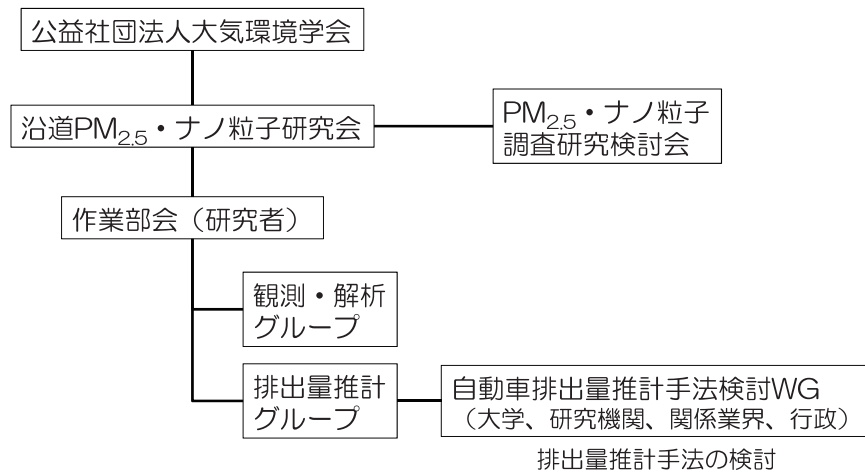
3

調査研究事業の概要

1. 調査研究項目
 - (1) 道路沿道におけるPM_{2.5}等に及ぼす要因解析
 - (2) 自動車からのPM_{2.5}排出量推計
2. 実施期間
平成26年8月21日～平成29年2月28日まで
(約2年7ヵ月)
3. 受託主体
公益社団法人 大気環境学会
沿道PM_{2.5}・ナノ粒子研究会

4

研究体制



5

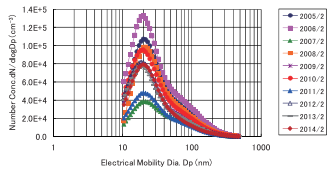
1. 道路沿道におけるPM_{2.5}等に及ぼす要因解析

6

研究の構成

① ナノ粒子を含む微小粒子の粒径分布測定

沿道ナノ粒子長期観測データ (～0.5 μm)



沿道PMの粒径
分布測定
0.5～20 μm

PM_{2.5}連続測定

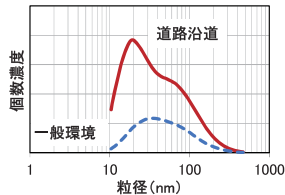
粒径別濃度とPM_{2.5}
との関係解析

自動車
PM排出量推計

- ・排出量と濃度
との関係解析
- ・自動車排気の
影響解析等

② 粒径別試料を用いた自動車排気由来の寄与解析

沿道と一般環境の
粒径分布の相違に着目



道路沿道と後背地における
粒径毎のPM試料採取

粒径毎の詳細成分分析

自動車排気粒子等の
成分情報 (既存データ)

効果的な削減
対策の提案

粒径別PMの
発生源寄与解析

7

観測場所 川崎市池上新町



地点名	総交通量 (台/日)	大型車 混入率
池上 (川崎市池上新町)	6万台	25%
北の丸 (千代田区北の丸)	12万台	10%
梅島 (足立区梅島)	7万台	8%

8

実施内容：通常観測 2014/10-2016/10

池上（交差点） 通年観測

- 個数粒径分布、個数濃度
SMPS ; TSI 3034 ; 粒径10-460nm
APS ; TSI 3321 ; 粒径0.5-20 μm
- 大気汚染物質濃度
SPM、PM_{2.5}、NO、NO_x、CO、SO₂
- 気象要素
気温、湿度、風向、風速



実施内容：集中観測期間

2015/1/6-2015/2/8
2015/7/23-2015/8/24
2016/1/7-2016/2/8
2016/7/21-2016/8/22

中留（後背地）

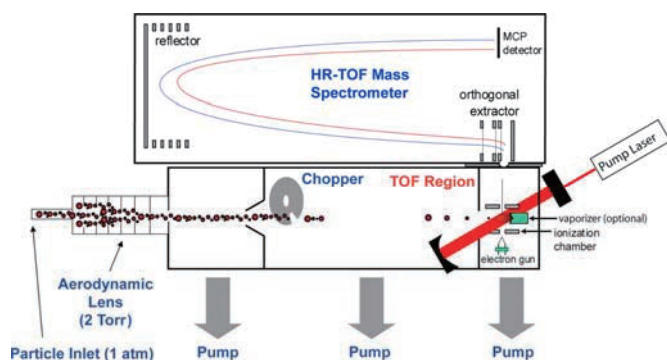
- 個数粒径分布、個数濃度
SMPS ; TSI 3034 ; 粒径10-460nm
APS ; TSI 3321 ; 粒径0.5-20 μm
- 大気汚染物質濃度
PM_{2.5}、NO、NO_x、CO、SO₂
- 気象要素
気温、湿度、風向、風速

池上（交差点）

- PM1.0質量スペクトル
スス粒子エアロゾル質量分析計
(SP-AMS) ; Aerodyne

9

スス粒子-エアロゾル質量分析計 (SP-AMS)



測定：3分毎に以下の測定モードの切り替えで連続測定

(V mode: W mode), (レーザーオン: オフ), (pToF mode: MS mode)

解析：High Resolution ToF-AMS Analysis Toolkit v1.16

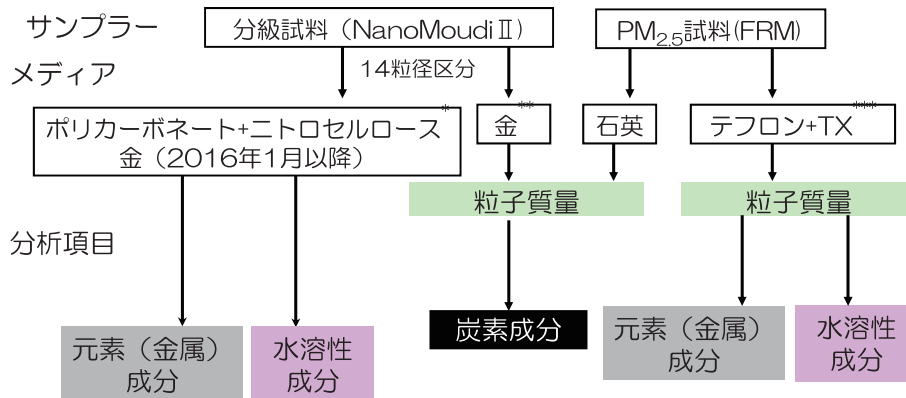
整数質量数 (V mode) 、精密質量数 (V mode)

実施内容：粒子サンプリング・分析内容

捕集期間 2015/1/19-1/23、2015/8/3-8/7、2016/1/18-22、2016/8/1-5

• FRM 24時間サンプリング 各フィルタ各地点 N=4

• NanoMoudi II 96時間サンプリング 各フィルタ各地点 N=1



*二枚重ね、バックアップフィルタはテフロン

**バックアップフィルタは石英

***二枚重ね

11

その他の解析に使用したデータ

- NIES長期データ (交差点 2004～)
 - SMPSによる粒径分布データ
 - NanoMOUDI粒径別データ
 - (質量、炭素成分)
 - (質量、炭素成分、無機成分 2007年12月のみ)
- ナンバープレート調査データを元にした
普通貨物PM排出量 (昨年度計算)

12

粒子サンプリングの様子



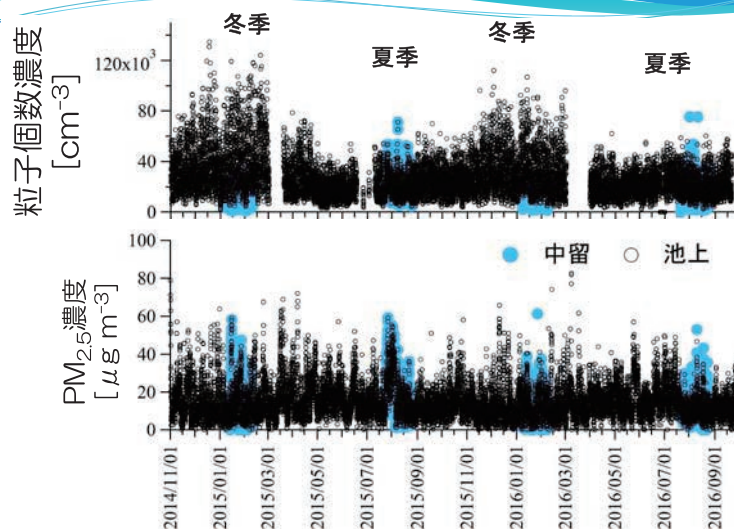
FRMサンプリング (PM_{2.5})



NanoMOUDI (分級)

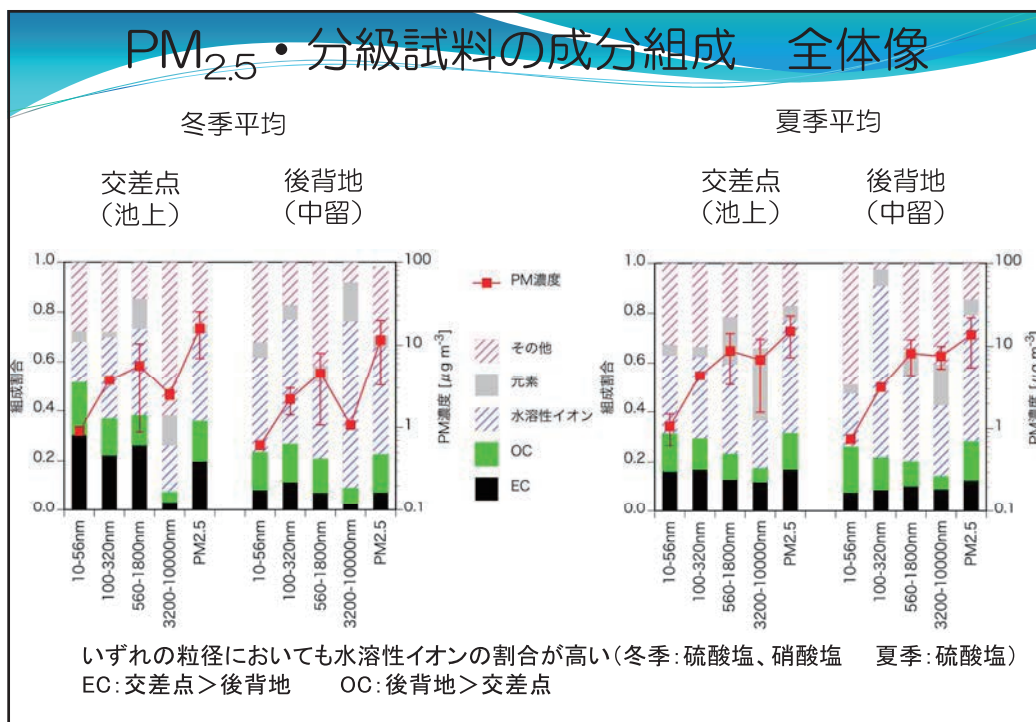
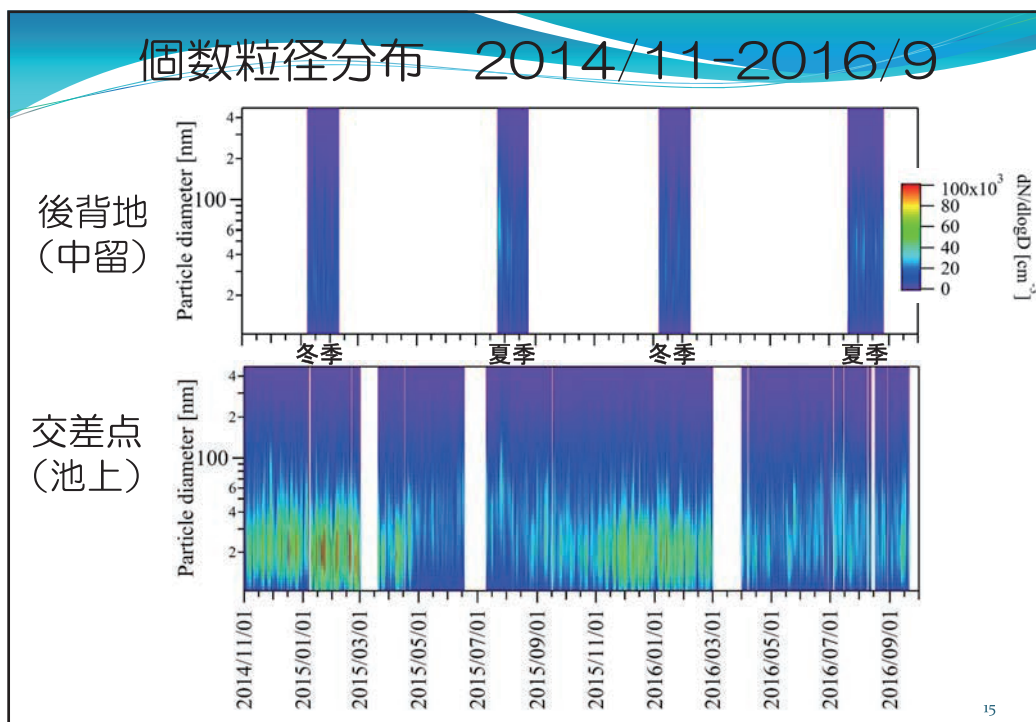
13

粒子個数濃度 (PN) とPM_{2.5} 2014/11-2016/9

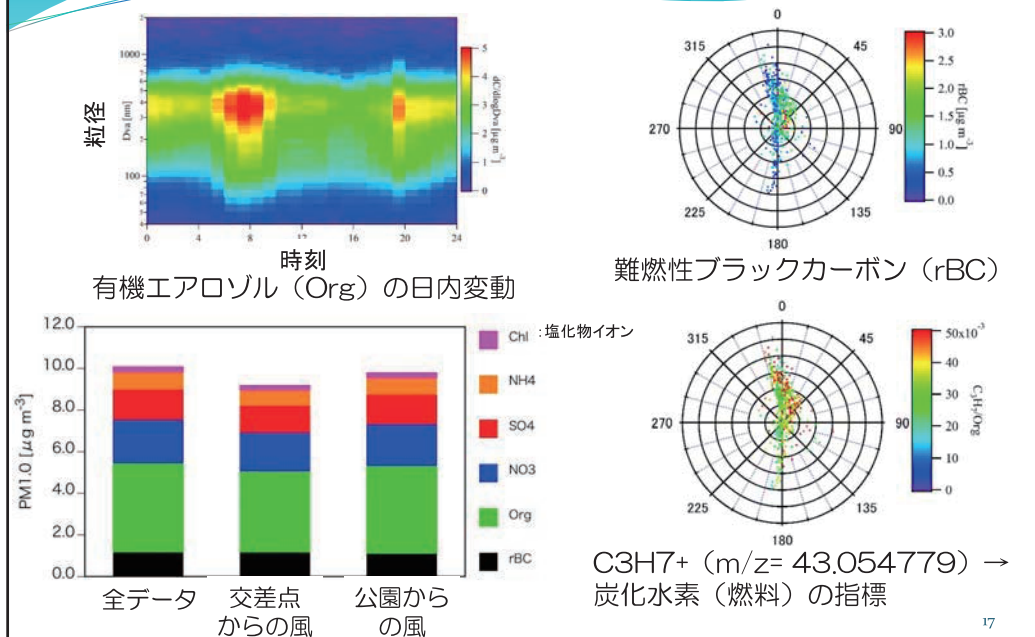


後背地（中留）は冬季（1-2月）と夏季（7-8月）の集中観測期間のみを示す。
 交差点でのPNは、夏季にかけて低下傾向である。
 PM_{2.5}は交差点と後背地の濃度差が小さい。

14

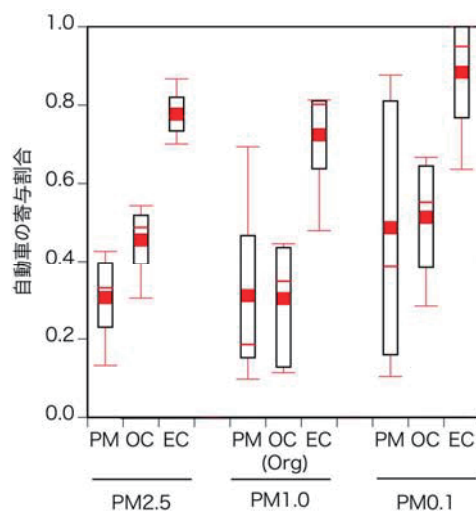


SP-AMSによるPM_{1.0}測定結果例 2016年1-2月交差点



17

さまざまな手法により推定した 交差点における自動車寄与割合 (2015-2016年冬季)



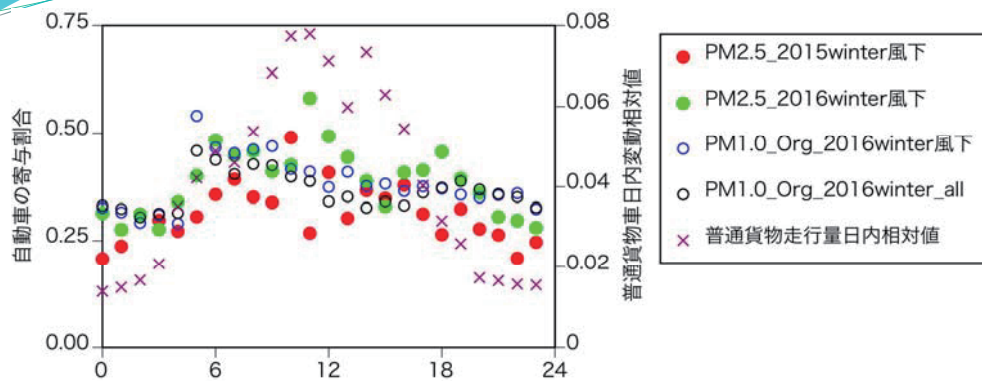
- 池上中留比較 (PM_{2.5}連続測定)
- 池上中留比較 (PM_{2.5}試料、分級試料)
- 自動車PM排出量との比較 (分級試料)
- トレーサー法 (AMSデータ)
- PMF解析 (AMSデータ)
- CMB法 (PM_{2.5}試料、分級試料)

夏季：
PM_{1.0}有機物Org 20%
(PMFによる推定結果)

PM_{2.5} 15%
(CMBによる推定結果)

18

自動車の寄与割合（冬季）



PM_{2.5}→

池上風下時のみのデータを用いて、
池上と中留の濃度差から増加分を自動車の影響とした。

PM_{1.0} Org（有機エアロゾル）

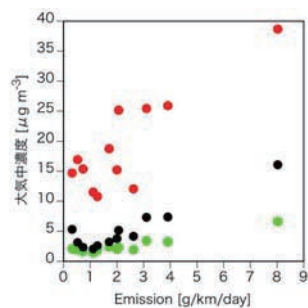
→C₃H₇⁺（m/z= 43.054779）を指標としたトレーサー法で求めた。

19

自動車寄与割合の経年変化（冬季）

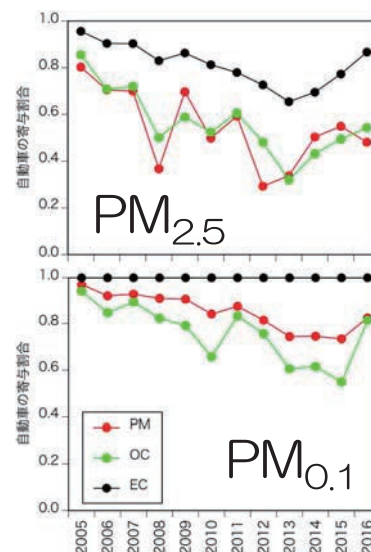
寄与割合→排出量がゼロになった時の大気濃度を
自動車以外の寄与として算出

大気中PM_{2.5}濃度と
普通貨物PM排出量の関係



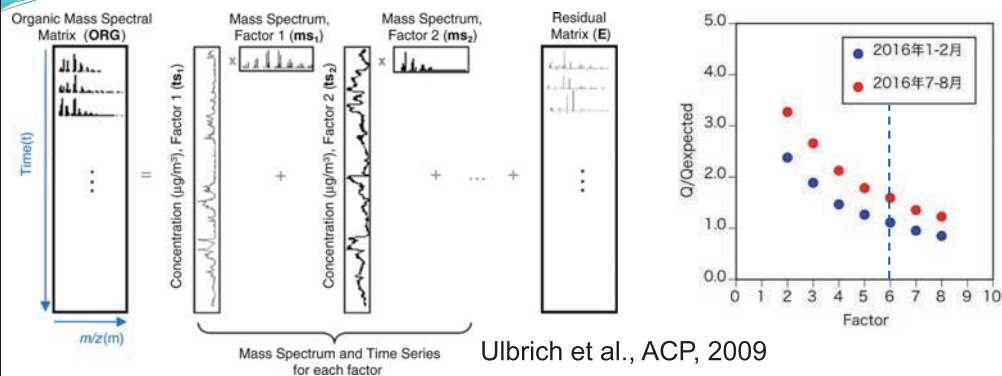
使用データ：

- 2005-2016NanoMOUDI試料
- 各年12-1月の間に96時間の連続採取
- 採取の96時間と冬季二ヶ月間のSMPSデータを比較して
採取期間の代表性を担保



20

PMF (Positive Matrix Factorization) 解析



$$Org_{ij} = \sum_{p=1}^P ts_{ip} ms_{pj} + e_{ij}$$

$$Q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{e_{ij}}{\sigma_{ij}} \right)^2$$

Org_{ij} : 時刻*i*のイオンフラグメント*j*の濃度

ts_{ip} : 時刻*i*のファクタ*p*の濃度

ms_{pj} : ファクタ*p*におけるイオンフラグメント*j*の寄与

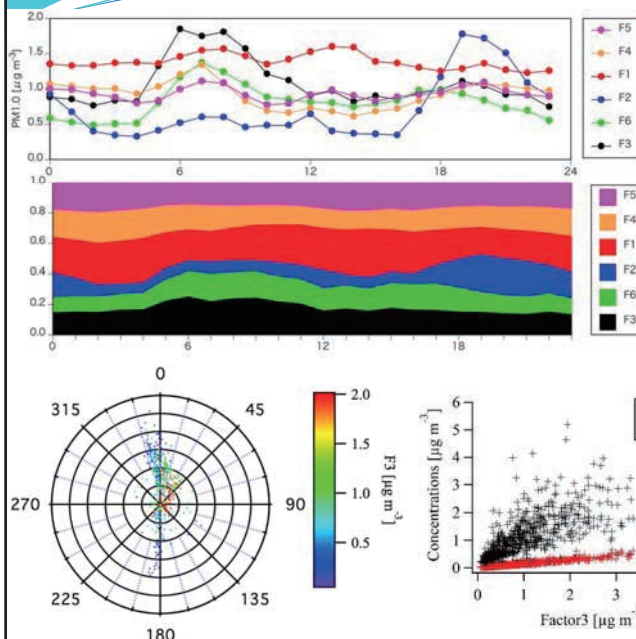
e_{ij} : 時刻*i*のイオンフラグメント*j*の残渣

P : ファクター数

σ_{ij} : 測定誤差

21

PM_{1.0}中有機エアロゾル (OA) 由来解析 2016年1-2月交差点



F5: 野焼き由来OA?

F4: 半揮発性含酸素OA

F1: 低揮発性含酸素OA

F2: 調理由来OA

F6: 含窒素炭化水素系OA

F3: 発生直後の
炭化水素系OA

22

CMB法（使用データおよび解析条件）

ケミカルマスバランス（CMB）法
 使用ソフト:CMB8J ver.2.03
 負の発生源除去
 発生源数と計算に使用した指標元素（自動車排気以外）

対象：

池上・中留

PM_{2.5}試料、分級試料

2007年冬

2015年夏冬、2016年夏冬

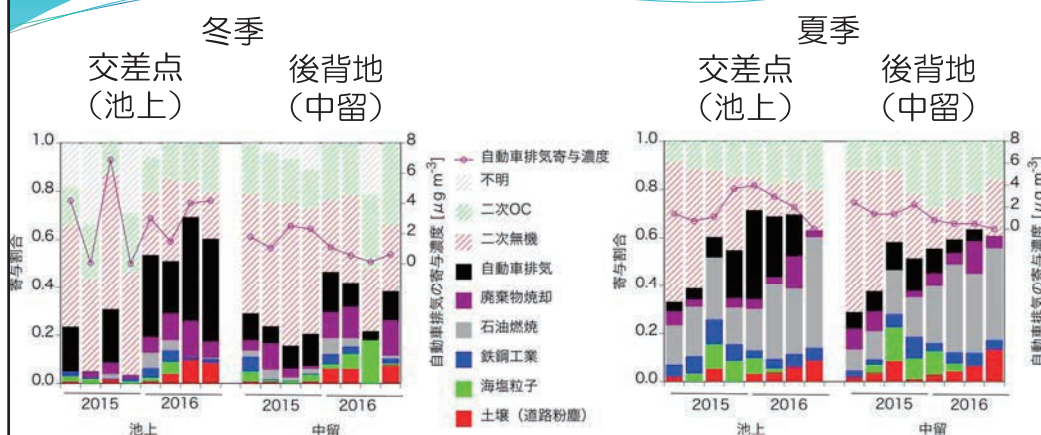
	道路 粉塵	海塩 粒子	鉄鋼 工業	石炭 燃焼	廃棄物 焼却	ブレーキ 粉じん	タイヤ 摩耗
MOUDI	EC、K、Na、Al、V、Mn、Fe、Zn、Ni					—	—
2015FRM						—	—
2016FRM	EC、K、Na、Al、V、Mn、Fe、Zn、Ni、As、Sb、Cu、Pb、Mg、Ca						

二次粒子の成分はCMBの計算に用いなかった。

二次粒子の寄与濃度は実測値から一次の寄与分を差し引いて求めた。

23

CMB法によるPM_{2.5}の発生源寄与解析

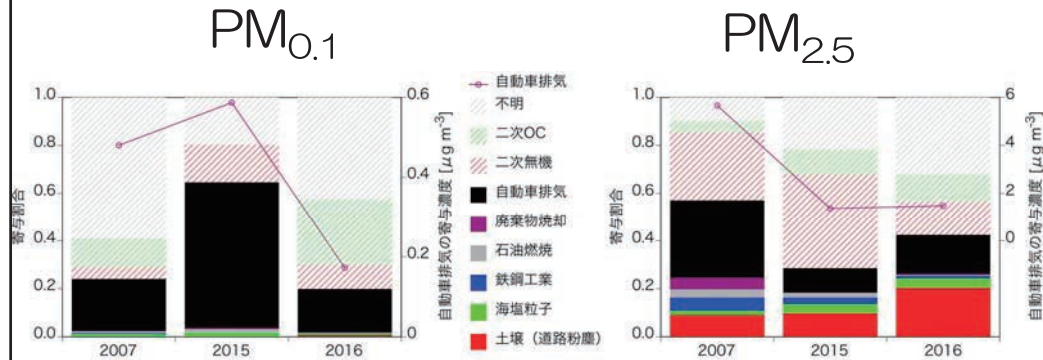


自動車排気のPM_{2.5}に対する寄与率

冬季 交差点 23% 後背地 11%
 夏季 交差点 15% 後背地 8%

24

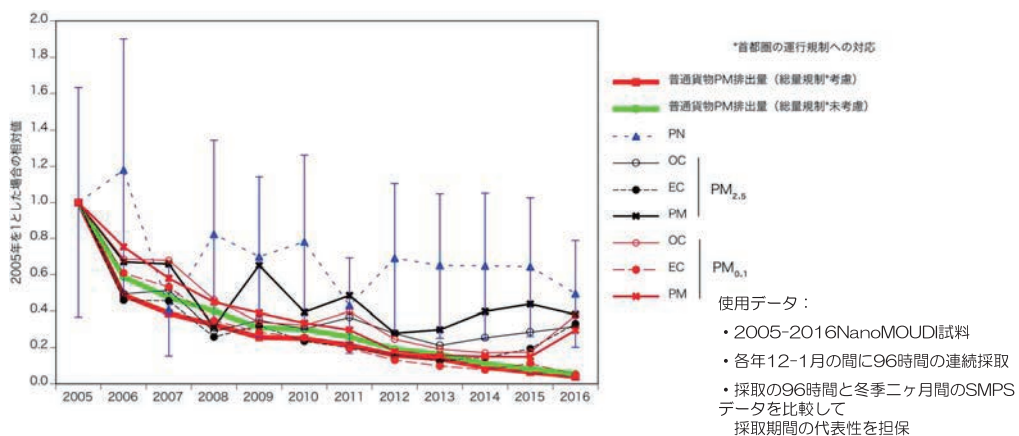
自動車排気寄与の長期変動（冬季：CMB法）



PM_{2.5}では寄与濃度、寄与割合ともに以前に比べ減少した。

25

交差点を走行する普通貨物車によるPM排出量とPN、PMとの関係 長期的データ（冬季1-2月）



- ・PM_{0.1}、PM_{2.5}のECは排出量の低下の挙動と近い
- ・PM_{2.5}のPM、OCは他の寄与の影響を受けていたことで排出量の低下に比べ鈍い減少となっていた
- ・PNは現在の自動車の排ガス対策では不十分あるいは環境との複合要因か？

26

まとめと今後の課題

- この10年間で自動車排ガスの対策の効果により、PM_{2.5}等の大気中濃度や自動車の寄与が低減していた。
- PM_{2.5}と異なり、個数濃度の減少は顕著ではないことが明らかになった。
- 自動車からのPM_{2.5}等の寄与率を推定した（日内変動、長期変動）。

2015年1月および2016年1月の平均（±標準偏差）

	PM	OC (Org)	EC
PM2.5	31 (±11)	46 (±10)	78 (±7)
PM1.0	31 (±24)	30 (±15)	72 (±16)
PM0.1	49 (±34)	51 (±17)	88 (±17)

- 交差点においては、依然としてECや小さい粒子ほど自動車排ガスの影響が大きいことが分かった。
- 今後も引き続き小さい粒子の問題が残ると考えられ、健康影響の懸念もあることから、引き続き大気質モニタリングが必要である。

27

2. 自動車からのPM_{2.5}排出量推計

28

実施項目、年度計画

- 自動車からのPM_{2.5}排出量推計
 - ① ガソリン車からのPM_{2.5}排出量推計
 - データ収集（平成26年度）
 - 排出係数設定（平成27年度）→排出量推計（平成28年度）
 - ② 排出量推計手法の検討（平成26～28年度）
 - 排出量推計の課題抽出
 - 不確実性の高い部分について、改善策を検討
 - 今後の基準となりうる排出量推計手法を提示
 - ③ 自動車からのPM_{2.5}排出量推計（平成28年度）
 - ガソリン車を含めたPM_{2.5}排出量を把握
 - 観測データの解析に資する

29

①③ガソリン車を含めた自動車からのPM_{2.5}排出量推計

- 当初、平均速度の関数としての排出係数をもとにした推計手法を想定し、排出係数の調査を行い、排出係数を設定した。
- その後、環境省も同様な推計を実施するため、直噴車を含めたガソリン車のPMデータの収集を行い、推計を実施する計画で調査を進めている。
- 計画通り推計を行うと、環境省推計と重複することに加えて、不十分なデータによる推計となる恐れがある。
- そのため、本調査では、燃料消費当りの排出係数を用いた手法による推計を行い、今後実施される環境省推計との比較、検証に活用していただくことにした。
- また、これまで、得られたガソリンPMの排出係数設定に関する知見も、環境省に提供し、活用いただくことにした。

従来車ガソリン車（PFI車）のPM排出係数の設定

- 国総研が実施した排出試験データ（公表されている国内で唯一のガソリンPMデータ）を再解析して、燃料消費量当り（ $\div \text{CO}_2$ ）の排出係数を設定
 - 国土技術政策総合研究所資料、第671号、平成24年2月、「道路環境影響評価等に用いる自動車排出係数の算定根拠（平成22年度版）」
 - 平均速度80km/h以下の実走行モード試験データ
 - PMの結果があるものだけを使用
 - データ数
 - 乗用車（12台） 46
 - 軽量貨物車（5台） 19
 - 中量貨物車（5台） 26
 - 試験モード
 - 土研モード、JARIモード等

PMに対する影響因子

PMは、燃焼室内に存在する過濃混合気により生成されと考えられることから、その指標として、COと燃料消費量（ $\div \text{CO}_2$ ）を選択し、PMとの関係（相関係数）を調べた。

	PM[mg/km]		
	乗用車	軽量貨物車	中量貨物車
PM[mg/km]	1.000	1.000	1.000
CO[g/km]	0.507	0.867	0.343
CO ₂ [g/km]	0.312	0.219	0.747
平均速度 [km/h]	-0.192	-0.204	-0.422

乗用車、軽量貨物車では、PMとCOの相関が高く、
中量貨物車では、CO₂（燃料消費）との相関が高い

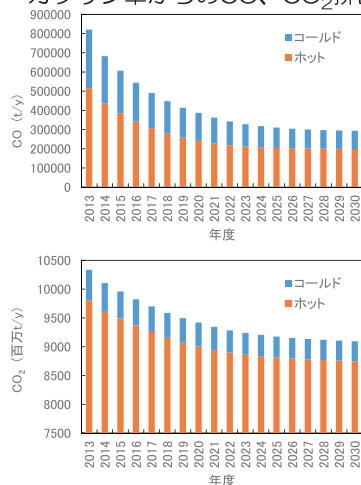
ガソリン車のPM排出係数の設定

- PFI車のPM排出傾向
 - CO_2 （≒燃料消費量）と
 - CO （A/F、過濃混合気の指標）との相関が高い
- ↓
- PM排出量を CO と CO_2 の関数として定義
 - $\text{PM排出量} = a \times \text{CO排出量} + b \times \text{CO}_2\text{排出量}$
 - GDI車の排出係数
 - NIES試験データ（4台）をもとに燃料消費量（≒ CO_2 ）当りの排出係数を設定
 - 自動車から排出されるPMは、 $1\ \mu\text{m}$ 以下であるため、 $\text{PM}_{2.5}$ と同等として取り扱う

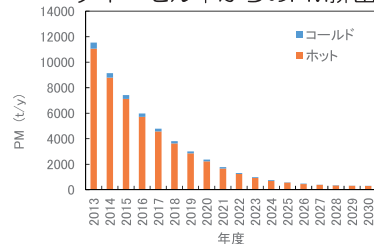
CO、 CO_2 の排出量

環境省「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査」（平成26年）で推計された結果を使用。 CO_2 排出量については、自動車燃料消費量調査との乖離を補正して用いた。

ガソリン車からのCO、 CO_2 排出量



ディーゼル車からのPM排出量



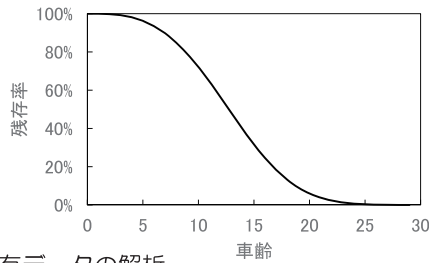
+

ガソリン車のPM排出量を推計
 $\text{PM排出量} = a \times \text{CO排出量} + b \times \text{CO}_2\text{排出量}$

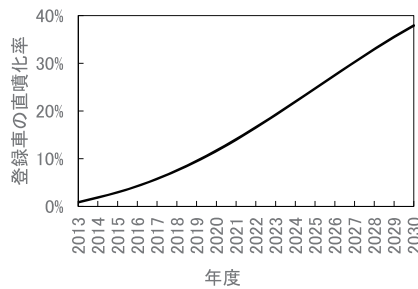
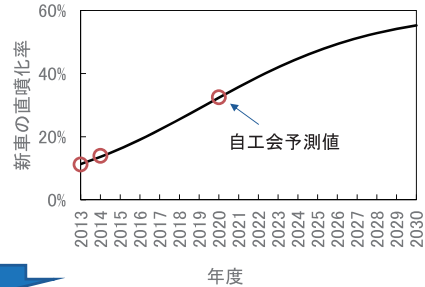
補正

自動車燃料消費量統計年報

ガソリン直噴乗用車の普及予測



保有データの解析
から残存率を設定

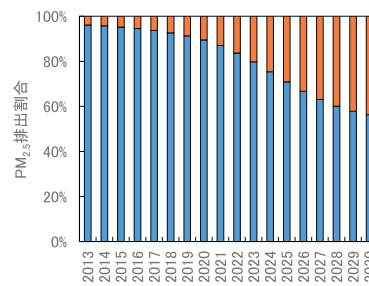
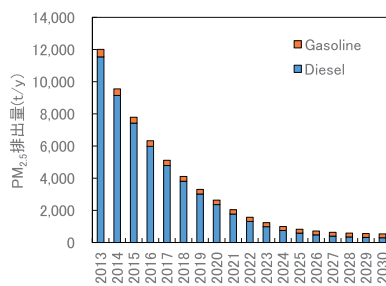


直噴ガソリン車の自工会
普及予測値は、国土交通
省資料をもとに設定

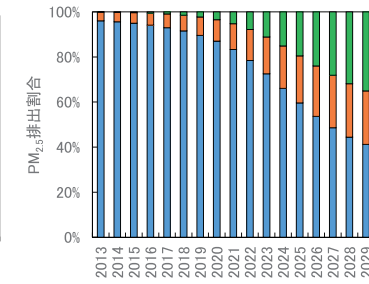
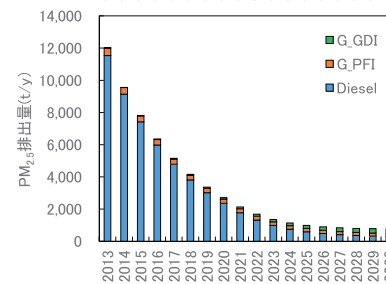
乗用車のみが直噴化され
ると仮定
CO₂排出は10%減と仮定

自動車からのPM_{2.5}排出量の推移予測

ベースケース
(PFIのみ)



GDI（乗用車）
普及ケース



自動車からのPM_{2.5}排出量推計—まとめ

- ガソリン車からのPM_{2.5}排出量は、ディーゼル車からのPM排出量が減少するに従い、その寄与は増加する
 - 2013年度 3.9%
 - 2030年度 45%（GDIなし）～68%（GDI普及）
- しかしながら、今後、ディーゼル車からの排出量が低減されるに従い、自動車からのPM_{2.5}排出総量は、著しく低減される

PM _{2.5} 排出量（2030/2013）	
GPM未考慮	2.6%
GPM考慮（GDI普及なし）	4.6%
GPM考慮（GDI普及）	6.7%

37

②排出量推計手法の検討

- 自動車からの大気汚染物質排出量推計の概要
 - 推計対象
- 排出量推計の現状
 - 環境省とJATOPⅡとの比較
- これまでの実施内容と結果概要
 - 排出量の推計手法の課題
 - 課題への対応策
 - 残された課題（今後の研究課題）
 - 海外における排出量推計手法の動向

38

排出量推計対象

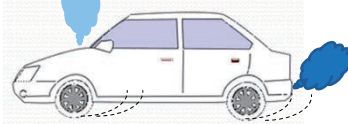
二次生成汚染物質の寄与が増加
化学輸送モデルによる評価が必須

↓
今後は実環境における
排出量推計が必要

走行時

燃料蒸発ガス (VOC)

ランニングロス、燃料ホース等からの透過ロス



走行による排気ガス

CO, VOC, NOx, PM

停止（駐車）時

燃料蒸発ガス (VOC)

ホットソークロス

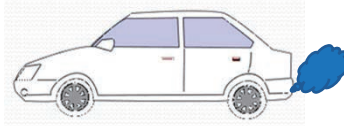
タンク呼吸ロス



タイヤ、ブレーキ摩耗

路上巻き上げ粉じん (PM)

始動時



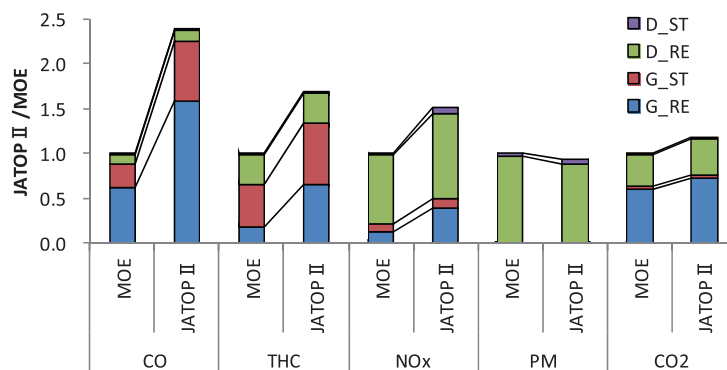
冷間始動による排気ガス増分
CO, VOC, NOx, PM

その他、給油時の蒸発ガスもあるが、ここでは対象外

39

環境省 (MOE) と JATOP II との比較

2010年度の全国年間総排出量



ガソリン車のCO、THC、NOxに大きな乖離が存在

それに比べて、ディーゼル車の相違は小さい

(D車は、排気後処理装置装着車の寄与が小さく、補正の影響が少ない)

出典：第54回大気環境学会講演要旨集、p542、(2013)

40

排出量推計手法の課題検討 これまでの実施内容

- 平成26年度
 - 排出量推計に用いる活動量データ
 - 走行量、保有台数等
- 平成27年度
 - 始動時排出量推計
 - 走行時排出量推計
 - 蒸発ガス排出量推計
 - 海外における排出量推計手法の動向
 - 米国のMOVESを中心に調査
- 平成28年度
 - これまでの検討で明らかになった課題の対応策を検討

41

排出量の推計手法の課題-1

- 環境省推計とJATOPⅡ推計との乖離の主な原因
 - 始動時排出量
 - 温度補正の影響
 - 補正に用いる温度データ
 - 環境省：県別、季節別、時間別温度データ
 - JATOPⅡ：3次メッシュ別、月別、時間別温度データ
 - 時間、空間分解能の相違により温度補正が異なる
 - 経年劣化補正の有無
 - 走行時排出量
 - 高排出車補正の有無

42

排出量の推計手法の課題-2

- その他の主な課題
 - 推計対象が異なる
 - 排出過程、推計対象物質等
 - 排出係数
 - 実使用条件（リアルワールド）との乖離の有無（要検証）
 - 平均旅行速度の設定法
 - 活動量
 - 交通データの情報不足
 - 交通センサ車種区分：8→4→2車種
 - 排出補正等の係数
 - 温度、湿度、劣化、DPF再生時補正、始動時ソーク時間補正係数
 - データが古い（更新が必要）
 - 検証が不十分
 - 蒸発ガス排出量
 - 推計手法を含めて検討が必要

43

排出量推計の課題と対応策-1

- | 推計対象 | 対応策 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">● 推計対象が異なる<ul style="list-style-type: none">● 排出過程● 推計物質<ul style="list-style-type: none">● 規制対象物質● その他 | <ul style="list-style-type: none">● 望ましい推計対象を提示<ul style="list-style-type: none">● 排出過程<ul style="list-style-type: none">● テールパイプ<ul style="list-style-type: none">● 始動時、走行時● 蒸発ガス<ul style="list-style-type: none">● 停車時、走行時● 給油時（OP）● タイヤ、ブレーキ、巻き上げ粉じん● 推計物質<ul style="list-style-type: none">● 規制対象物質<ul style="list-style-type: none">● CO、THC（NMHC）、NO_x（NO、NO₂）、PM（SPM、PM_{2.5}）● その他<ul style="list-style-type: none">● SO_x、NH₃、CO₂● 化学輸送モデル用<ul style="list-style-type: none">● VOC組成、PM組成 |

44

排出量推計の課題と対応策-2

● 課題

- 時間・空間分解能の相違により推計値が異なる
 - 主な原因
 - 時間・空間分解能が異なると温度補正等の補正量に相違が生ずる

● 対応策

- 推計値の相違を容認
- 目的に応じ分解能を選択
 - 例えば
 - 全国排出量の推移など経年変化の相対的な把握
 - 低分解能
 - 自治体等の環境保全対策
 - 中分解能
 - 化学輸送モデルの入力
 - 高分解能

45

排出量推計の課題と対応策-3

● 課題

- リアルワールドとの乖離
- 補正係数等の更新、検証
- 蒸発ガス推計

● 対応策

- PEMS等のデータを蓄積して実態を把握。必要に応じて補正。
- 実験データに基づく更新が望ましい（費用が課題）
- 海外データの活用
- PEMSデータの活用
- MOVES等の手法を参考に再検討

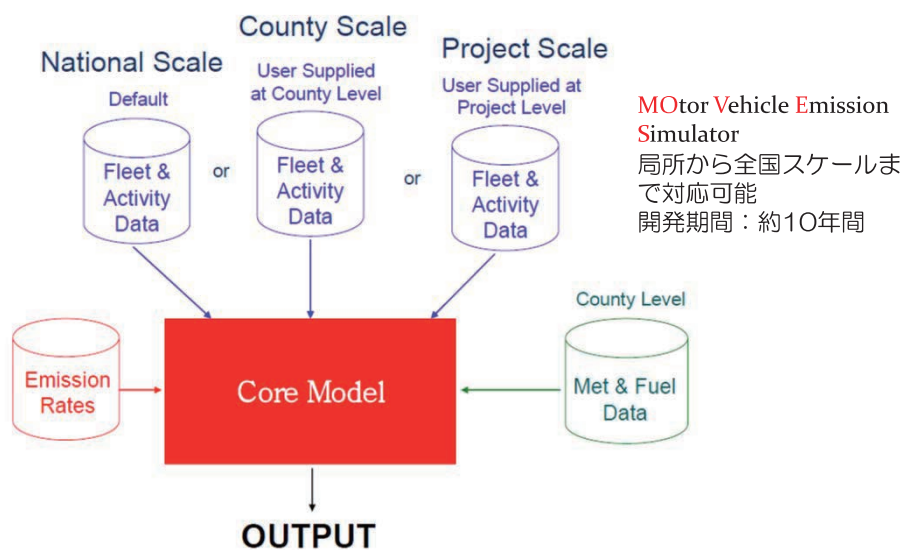
46

排出量推計手法の検討—まとめ

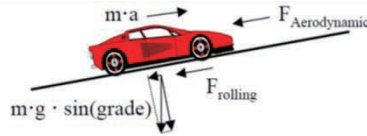
- 環境省推計とJATOPⅡ推計の乖離の主な原因を把握できた
 - 時間、空間分解能の相違による温度補正の影響
 - 高排出車補正の有無
- 現状の自動車排出量推計の課題を明らかにした
 - 主な課題
 - リアルワールドとの乖離の有無の検証
 - 排出補正係数の更新
 - これらを解決するために必要な事項を研究課題としてまとめた

47

排出量推計手法の海外動向 米国EPA MOVESの概要



Vehicle Specific Power (VSP)



$$VSP = \frac{\text{Power}}{\text{Mass}} = \frac{\frac{d}{dt}(E_{\text{Kinetic}} + E_{\text{Potential}}) + F_{\text{Rolling}} \cdot v + F_{\text{Aerodynamic}} \cdot v + F_{\text{internal friction}} \cdot v}{m} =$$

$$\approx v \cdot a \cdot (1 + \epsilon_i) + g \cdot \text{grade} \cdot v + g \cdot C_R \cdot v + \frac{1}{2} \rho_a C_D \frac{A}{m} (v + v_w)^2 \cdot v + C_{if} \cdot v$$

a: 加速度

ϵ_i : 回転部分の等価慣性重量割合

g: 重力加速度

grade: 道路の縦断勾配

C_R : 転がり抵抗係数

v: 速度

ρ_a : 空気密度

C_D : 空気抵抗係数

A: 投影面積

v_w : 風速

出典: José L. Jiménez 他、Vehicle Specific Power: A Useful Parameter for Remote Sensing and Emission Studies

MOBILE ModelとMOVESにおける蒸発ガス推計項目

- MOBILE Model — 試験法ベース
 - Running Loss
 - Vapor lost during vehicle operation.
 - Hot Soak
 - Vapor lost after turning off a vehicle.
 - Diurnal Cold Soak
 - Vapor lost while parked at ambient temperature.
 - Refueling Loss
 - Vapor lost and spillage occurring during refueling.
- MOVES — 発生メカニズムベース
 - Permeation
 - The migration of hydrocarbons through materials in the fuel system.
 - Tank Vapor Venting (TVV)
 - Vapor generated in fuel system lost to the atmosphere, when not contained by evaporative emissions control system.
 - Liquid Leaks
 - Liquid fuel leaking from the fuel system, ultimately evaporating.
 - Refueling Emissions
 - Spillage and vapor displacement as a result of refueling.

出典: EPA-420-R-14-014, Evaporative Emissions from On-road Vehicles in MOVES2014, September 2014

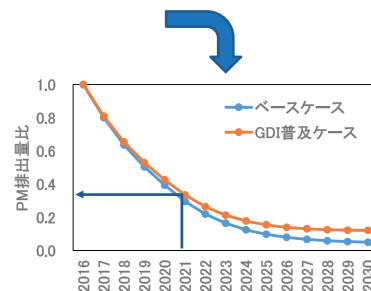
排出量推計手法の海外動向-まとめ

- 米国EPAでは、MOBILEの後継モデルとしてMotor Vehicle Emission Simulator (MOVES) を約10年間で開発
- MOVESにおける推計手法
 - 排出係数をVSP (Vehicle Specific Power) の関数として定義
 - $VSP = \text{走行に要するPower} / \text{車両の質量} \text{ (kW/Mg)}$
 - 道路の縦断勾配の影響を考慮可能
 - 走行モード (アイドル、加速、定常、減速比率) の変化に対応可能
 - 広域から局所の排出量推計に対応
 - 蒸発ガスは、試験法ベースの推計手法から発生機構ベースの推計手法に変更
- 我が国への適用に際しての課題
 - 道路の情報や瞬時瞬時の排出データが必要になるなど、推計に必要なデータの整備が必要

51

総まとめ

- 道路沿道のPM_{2.5}等の濃度は、排出量とともに低減
 - 排出ガス規制の効果大
 - 個数濃度の減少は顕著ではない
- PM_{2.5}等への自動車の寄与率
 - 約30% (2015、2016年1月の平均)
- 自動車からのPM排出量は今後も著しく低減の見込み
 - 今後の沿道環境改善策
 - 新型車への転換促進、使用過程車の性能維持
 - バックグラウンド (一般環境大気) の濃度低減
- 0.1 μm以下のPM、ECの自動車寄与は約80%
 - EC主体のガソリン粒子の寄与は今後増加
 - 極微小粒子、ECの継続的な研究が必要
- 排出量推計手法の改良
 - リアルワールドを考慮した排出係数の設定
 - 補正係数等の更新
 - 次世代の排出量推計の検討 (海外動向を参照)



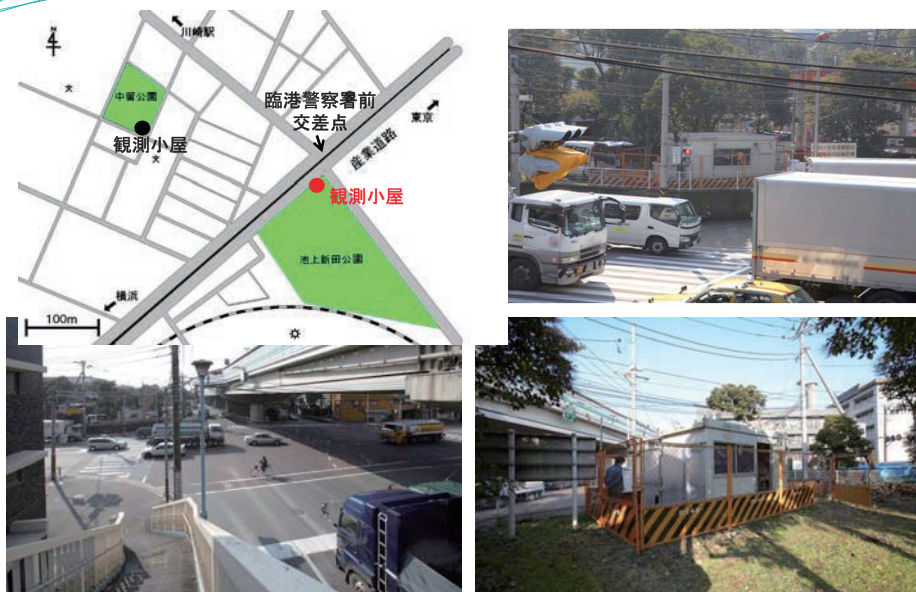
52

参考資料

- 観測地点における普通貨物車からのPM排出量の算定の概要
- 規制年別排出割合
- PM_{2.5}の連続測定器とフィルター法の比較

53

川崎市池上新町臨港警察署前交差点



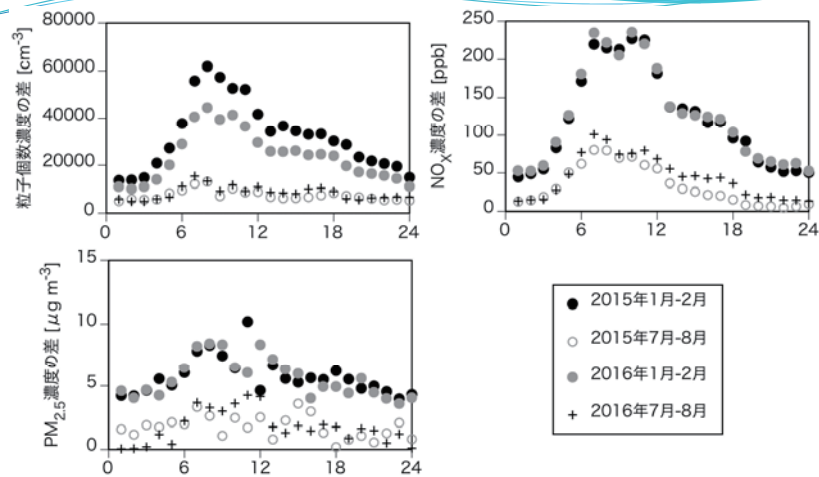
54

川崎市池上新町中留公園



55

日内変動 交差点と後背地の濃度差

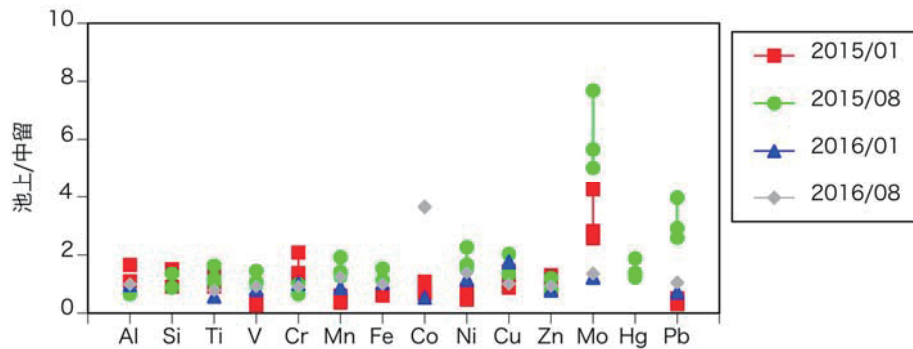


夏季の特徴として、PNでは NO_x ほど大きな濃度差がみられない。
 PNは夏季の高温で自動車から排出された揮発性の粒子が蒸発し、交差点でのPN濃度が減少したからと推察される。
 $\text{PM}_{2.5}$ はFRMデータを用いて器差補正を行った。夏季でも沿道の方が若干濃度が高くなった。

56

地殻構成比に対する 濃縮係数の交差点と後背地の比較

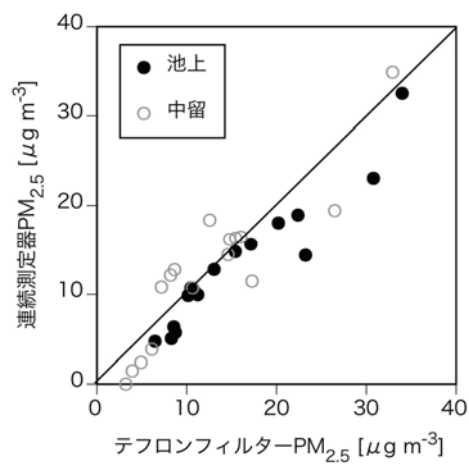
PM_{2.5}中各金属濃度データと元素の地殻構成比を用いて
鉄、アルミニウム、ケイ素を基準にそれぞれ濃縮係数を算出



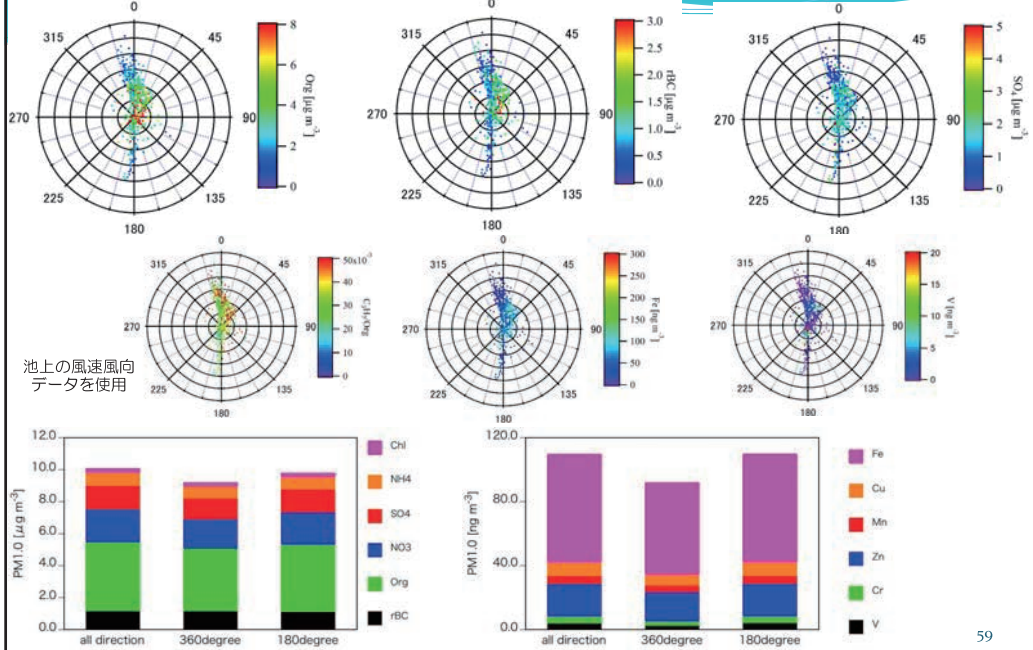
巻き上げ粉じんやブレーキ摩耗粉じん等の非排気由来と考えられる
多くの元素種の濃度がエンリッチしていた

57

PM2.5の連続測定器とフィルター法の比較

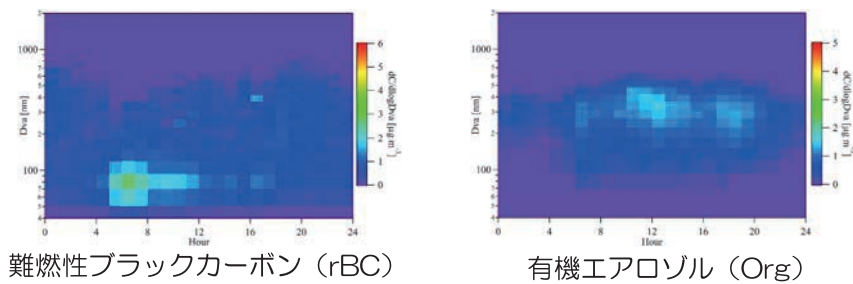


風向による濃度変化 2016年1-2月



59

日内変動および曜日による濃度変化 2016年7-8月



60

風向による濃度変化 2016年7-8月

The figure displays wind direction and concentration changes for various pollutants in 2016. It includes six wind roses (top row) and two stacked bar charts (bottom row).

Wind Roses (Top Row):

- O₃ [μg m⁻³]:** Concentration scale 0 to 10. Wind roses for all direction, 360degree, and 180degree.
- rBC [μg m⁻³]:** Concentration scale 0 to 4. Wind roses for all direction, 360degree, and 180degree.
- SO₄ [μg m⁻³]:** Concentration scale 0 to 5. Wind roses for all direction, 360degree, and 180degree.

Wind Roses (Bottom Row):

- CH₄ [μg m⁻³]:** Concentration scale 0 to 40. Wind roses for all direction, 360degree, and 180degree.
- Fe [μg m⁻³]:** Concentration scale 0 to 300. Wind roses for all direction, 360degree, and 180degree.
- V [μg m⁻³]:** Concentration scale 0 to 40. Wind roses for all direction, 360degree, and 180degree.

PM_{1.0} Concentration by Direction (Bottom Left):

Y-axis: PM_{1.0} [μg m⁻³]. X-axis: all direction, 360degree, 180degree.

Legend:

- Chl (Purple)
- NH₄ (Orange)
- SO₄ (Red)
- NO₃ (Blue)
- Org (Green)
- rBC (Black)

PM_{2.5} Concentration by Direction (Bottom Right):

Y-axis: PM_{2.5} [μg m⁻³]. X-axis: all direction, 360degree, 180degree.

Legend:

- Fe (Purple)
- Cu (Orange)
- Mn (Red)
- Zn (Blue)
- Cr (Green)
- V (Black)

池上の風速風向データを使用

61

有機エアロゾル (OA) 由来解析 2016年7-8月

PM10 [$\mu\text{g m}^{-3}$]

0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5

0 6 12 18 24

F6: 船舶 or/and 製鉄?
F2: 半揮発性含酸素OA
F1: 低揮発性含酸素OA
F3: 調理由来OA
F5: 含窒素炭化水素系OA
F4: 発生直後の炭化水素系OA

日内変動 全ての風向

0 45 90 135 180 225 270 315

0 0.5 1.0 1.5 2.0

F4 [$\mu\text{g m}^{-3}$]

0 2 4 6 8 10 12 14

Factor4 [$\mu\text{g m}^{-3}$]

C3H7+
rBC

62

C₃H₇⁺を指標としたトレーサー法

有機物とC₃H₇⁺イオンの比（実験室で測定）

$$\text{DEP: } \frac{\text{Org.}}{\text{C}_3\text{H}_7^+} \doteq 9.5 (\text{SD} \pm 0.4)$$

$$\text{バイオマス燃焼: } \frac{\text{Org.}}{\text{C}_3\text{H}_7^+} \doteq 30$$

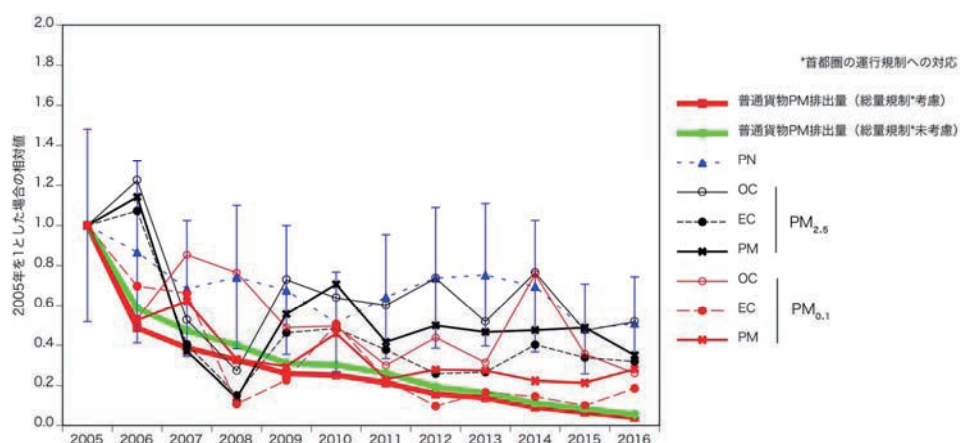
環境中におけるDEP由来のOrg.濃度

$$= \text{環境中のC}_3\text{H}_7^+ \text{イオン濃度} \times 9.5$$

$$\text{自動車 (DEP) の寄与率} = \frac{\text{環境中におけるDEP由来のOrg.濃度}}{\text{環境中におけるOrg.濃度}}$$

63

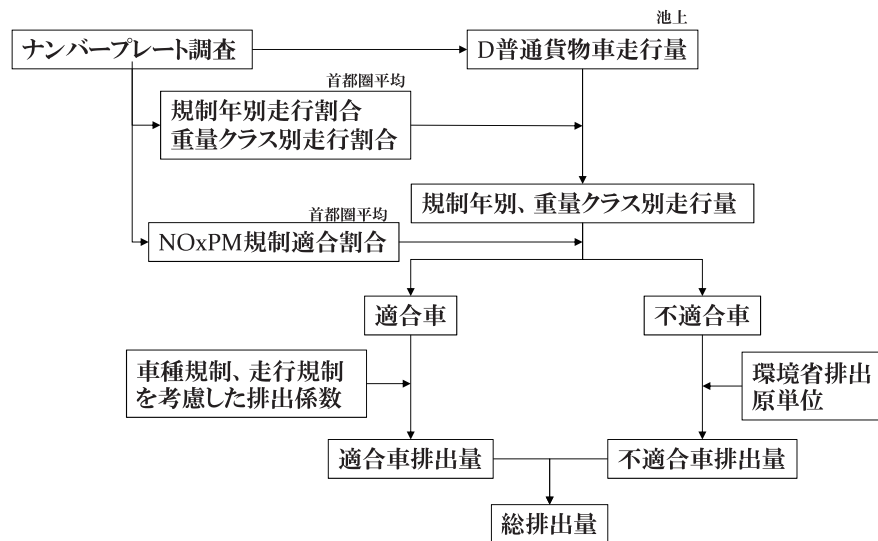
交差点における長期データ比較（夏季7-8月）



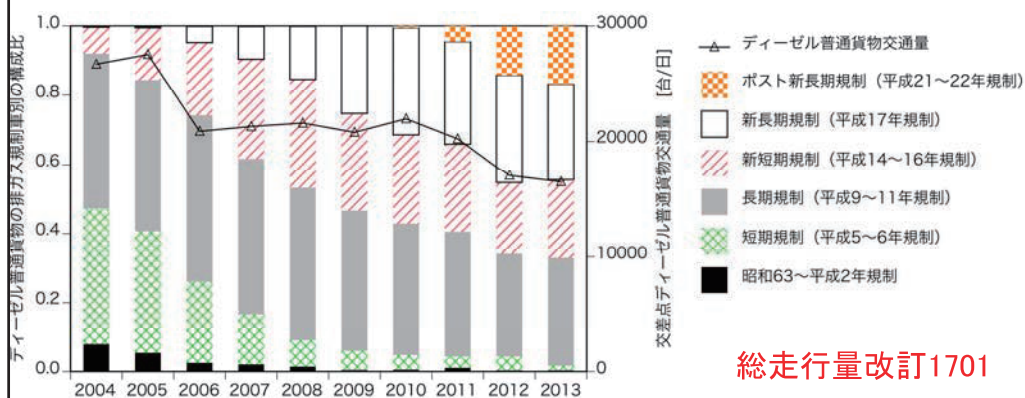
- ・ 自動車以外の寄与が大きい？

64

観測地点におけるPM排出量算定の概要



交差点における普通貨物の交通量 および排出ガス規制車別構成率

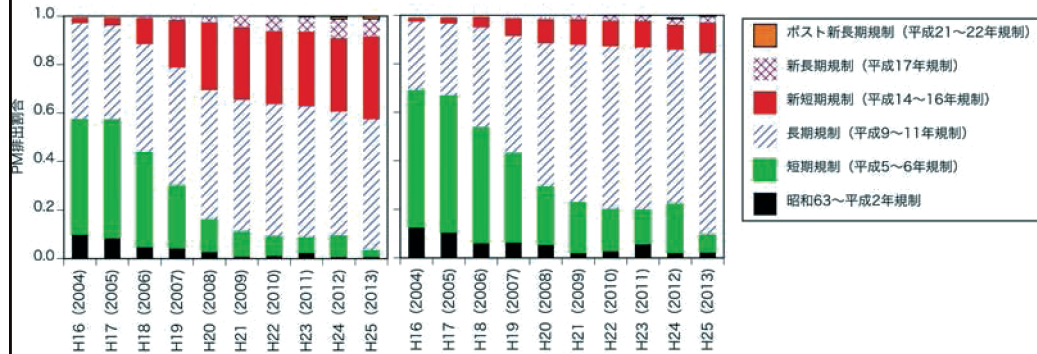


車両台数としては微減の傾向であり、年を追う毎に新規の規制に対応した車両に入れ替わっていることが分かった。

規制年別排出割合

首都圏の運行規制への
対応を考慮

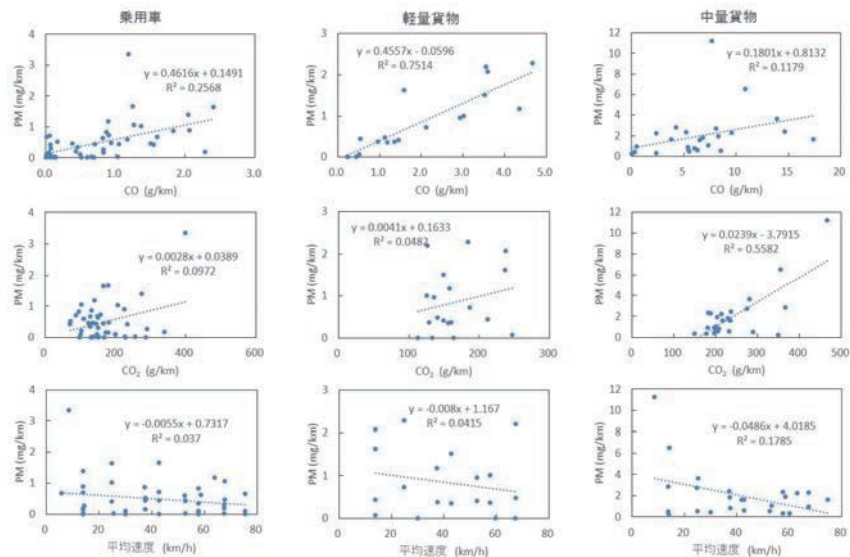
首都圏の運行規制への
対応を未考慮



供試車両

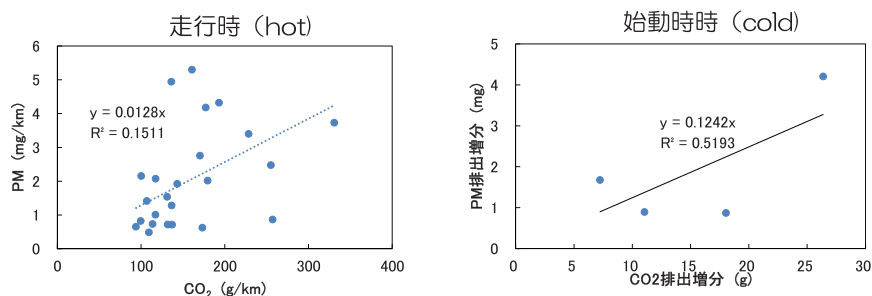
NO.	車種区分	対応排出 ガス規制	乗車定員 [名]	最大積載量 [kg]	車両総重量 [kg]	乗車人数 積載条件
1	乗用車	1978	5	-	1605	2名乗車
2	乗用車	1978	5	-	1305	2名乗車
3	乗用車	1978	5	-	1605	2名乗車
4	乗用車	1978	5	-	1625	2名乗車
5	乗用車	2000	5	-	1315	2名乗車
6	乗用車	2000	5	-	1795	2名乗車
7	乗用車	2005	5	-	1275	2名乗車
8	乗用車	2005	7	-	1685	2名乗車
9	乗用車	2005	5	-	1855	2名乗車
10	乗用車	2005	8	-	2050	2名乗車
11	乗用車	2005	5	-	1585	2名乗車
12	乗用車(軽)	2005	4	-	1040	2名乗車
13	軽量貨物車	1988	2	400	1490	2名乗車+半積載
14	軽量貨物車	1988	2	400	1480	2名乗車+半積載
15	軽量貨物車	2000	2	400	1510	2名乗車+半積載
16	軽量貨物車	2005	2	400	1620	2名乗車+半積載
17	軽量貨物車(軽)	2005	2	350	1330	2名乗車+半積載
18	中量貨物車	1994	3	1000	2475	2名乗車+半積載
19	中量貨物車	1994	3	750	1975	2名乗車+半積載
20	中量貨物車	1994	3	850	2185	2名乗車+半積載
21	中量貨物車	1998	3	750	2035	2名乗車+半積載
22	中量貨物車	2005	3	1250	3065	2名乗車+半積載

PMとCO、CO₂、平均速度との関係

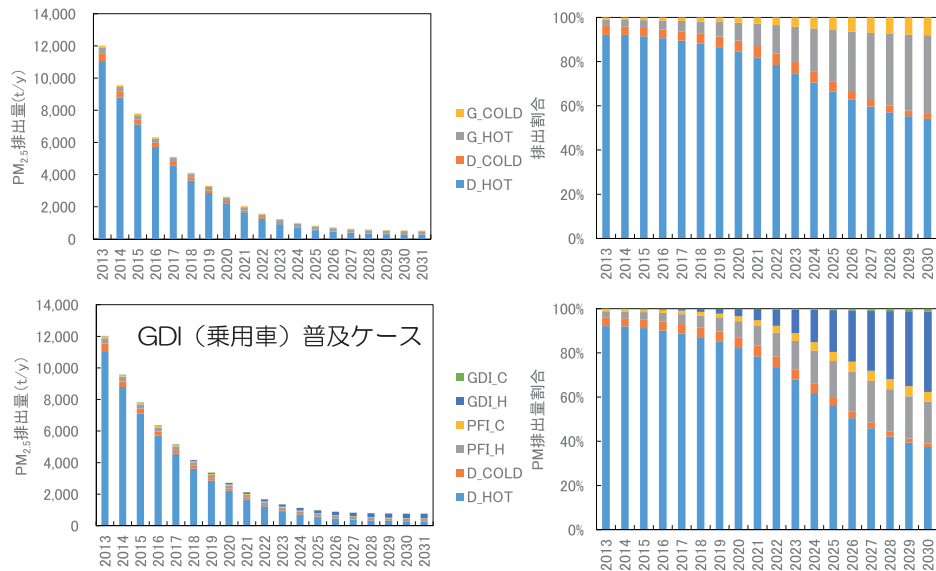


GDI車の排出係数

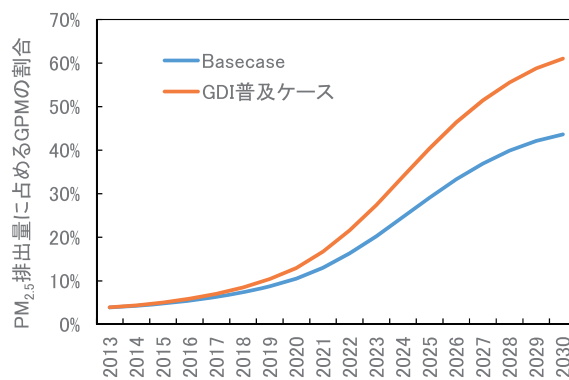
- 燃料消費量（≒CO₂）当りの排出量
- NIES試験データ（4台）をもとに設定



自動車からのPM_{2.5}排出量の推移予測



ガソリン粒子の寄与



環境省(JARI委託調査)推計
推計年度 2010年度
GPM割合 3.4%

本推計(2013年度)
GPM割合 3.7%

自動車からの大気汚染物質排出量推計の課題と対応策一覧

1. 排出量推計全般

項目	現状と課題	対応策(案)	コメント、ご提案
1-1 推計対象 排出過程	環境省 JATOP 課題 推計対象が異なる	チールハイブエミッション(始動時、走行時) チールハイブエミッション(始動時、走行時) タイヤ、ブレーキ、巻き上げ動機 乗客ガス(停止時、走行時) 推計することが望ましい推計対象を提示 チールハイブエミッション(始動時、走行時、給油時) タイヤ、ブレーキ、巻き上げ動機	給油時乗客ガスは、固定発生源として都市圏内場合もある
1-2 対象物質	環境省 JATOP 課題 推計対象物質が異なる	CO,THC,NOx,PM,CO ₂ CO,THC,NOx,SPM,CO ₂ SO ₂ ,NH ₃ ,NMHC,NO ₂ 推計することが望ましい対象物質を提示 CO,THC(NMHC),NOx(NO,NO ₂),PM,SPM, PM _{2.5} ,CO ₂ 整備することが望ましい情報を提示 VOC組成、PM組成	
2 時間・空間分解能	環境省 JATOP 課題 幹線道路/リンク別→個別 細粒度/地域別(6地域)→個別 時間分解: 休平日別時間別排出量→年間排出量 JATOP 幹線道路/リンク別→3次メッシュ 細粒度/車種別→3次メッシュ 時間分解: 休平日別時間別排出量 高分解能推計: 道路区などの環境変化による排出補正をきめ細かく行えるが、推計に手間がかかり、データ量が膨大になる。	推計レベルにより排出量に相違が生じることを留意 使用目的に応じて、適切な時間・空間分解能を選択 例えば 全国排出量の推移など経年変化の相対的な把握 →低分解能 自治体等の環境保全対策 →高分解能	
3 車種分類	環境省 課題 車種別: 6車種: 軽乗用、乗用、バス、軽貨物、小型貨物、貨客、普通貨物、特種十二輪(4車種: 運付1種、2種、軽二種、自働二種) 重量別: 2区分(カブリン、軽油)		

2. 始動時排出量

項目	現状と課題	対応策(案)	コメント、ご提案
1 推計手法	始動時排出量 E_{start} = $\sum_{i=1}^n E_{start,i} = E_{start,1} + E_{start,2} + \dots + E_{start,n}$ 排出補正: ソーク時間補正 温度、湿度補正 気圧補正 他に、推計手法、排出補正は現状維持		

5 時間・空間配分	時間配分課題 活動量データとして設定 車種別(保有情報)と実際の始動場所との乖離はないか、検証が必要	ODデータの再解析やブローデータ等の活用による検証が望まれる(ブローデータの入手に課題)	中
-----------	--	--	---

73

独立行政法人
環境再生保全機構委託業務

道路沿道環境における微小粒子状物質 (PM_{2.5})
及びナノ粒子に及ぼす要因に関する調査研究
報告書

平成 29 年 3 月発行
受託者 公益社団法人 大気環境学会
〒160-0022 東京都新宿区新宿 1-29-8
Tel : 03-3341-5632 Fax : 03-3341-8224
E-Mail : jsae@msf.biglobe.ne.jp
