

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

【調査の目的】

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）の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WG）を設置して検討を行い、今後の基準となりうる排出量推計手法を提示する。

【調査の方法】

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、平成26年度から平成28年度の3ヵ年計画で実施する。

以下に各研究課題の調査方法について述べる。

1. 平成 26 年度

1.1 道路沿道における PM_{2.5} 等に及ぼす要因解析

1.1.1 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）

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 0.5-20μm の粒径別粒子数の連続測定を開始する。ナノ粒子やガス成分については、沿道 PM_{2.5}・ナノ粒子研究会のメンバーである国立研究開発法人国立環境研究所（以下「国立環境研究所」と言う。）が同地点で実施している観測データを活用して、ナノ粒子を含めた広範囲の大気粒子についてのデータを蓄積する。さらに、環境省から国立環境研究所が委託された「自動車から排出される粒子状物質の粒子数等排出特性実態調査」業務によって蓄積されたデータを解析し、粒径区分毎に自動車排気の影響を把握する。

1.1.2 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

平成 27 年 1 月頃に川崎市臨港警察署前交差点とその後背地において、粒径別に粒子を捕集し、その構成成分を分析して、発生源寄与率推定の基礎データを得る。

1.2 自動車からの PM_{2.5} 排出量推計

1.2.1 ガソリン車からの PM 排出量データ収集

国内外の文献、調査資料をもとにガソリン車からの PM 排出データを収集、整理する。

1.2.2 排出量推計手法の検討

幹線道路及び細街路の走行量の車種別走行量配分や貨物車の走行時車両重量別・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する。

2. 平成 27 年度

2.1 道路沿道における PM_{2.5} 等に及ぼす要因解析

2.1.1 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）

前年度に引き続き、川崎市臨港警察署前交差点において、PM_{2.5} 質量濃度および粒径 0.5-20μm の粒径別粒子数の連続測定を行い、データを蓄積する。

2.1.2 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

前年度と同様に、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、粒径別の粒子捕集を行い、発生源寄与推定のための粒径毎の組成データを蓄積する。

2.1.3 観測地点における車両の規制年別構成比の把握

ナンバープレート調査データを解析し、観測地点における車両の排出ガス規制年別構成比を把握する。

2.2 自動車からの PM_{2.5} 排出量推計

2.2.1 ガソリン車からの PM 排出係数の設定

前年度収集したデータを解析し、ガソリン車の PM 排出係数を設定する。

2.2.2 排出量推計手法の検討

環境条件による排出量の補正、排気浄化装置の劣化や高排出車による排出補正など、主に排出量の補正方法について検討する。

3. 平成 28 年度

3.1 道路沿道における PM_{2.5} 等に及ぼす要因解析

3.1.1 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）

前年度に引き続き、川崎市臨港警察署前交差点において、PM_{2.5} 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平成 28 年 9 月まで継続し、データを蓄積する。

3.1.2 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

前年度と同様に、交差点および後背地において平成 28 年 8 月頃、粒径別の粒子捕集を行い、発生源寄与推定のための粒径毎の組成データを蓄積する。

3.1.3 データの解析

約 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 0.5 μ m の間の粒径別粒子数、ガス（NO、NO₂、CO、SO₂）データを集約する。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。

3.2 自動車からの PM_{2.5} 排出量推計

平成 26、27 年度に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} 排出量を推計する。さらに、推計手法についての検討結果を取りまとめる。

【調査の結果】

1. 道路沿道における PM_{2.5} 等に及ぼす要因解析

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、池上あるいは交差点と呼ぶ）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



図 1 調査区域周辺図

立研究開発法人国立環境研究所が 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。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 に本研究の三年間で行った観測期間の一覧を示す。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

1.1 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）

解析した観測データは池上の 2014 年 11 月 1 日から 2016 年 9 月 30 日のデータとした。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。SMPS、APS は 3 分間で 1 データを取得し、他の装置による測定項目は 1 分毎にデータを習得した。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 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 2.7 m 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、長さを揃えた。

図 2 に個数濃度（PN）、PM_{2.5}濃度の時系列を、表 2 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 倍程度高い結果であったが、夏季は約 1.6 倍程度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。図に示していないが、粒径分布をみると、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。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 の粒子濃度が高い結果であった。夏季の 100 nm 付近の粒子の濃度増大は二次生成による影響と考えられる。

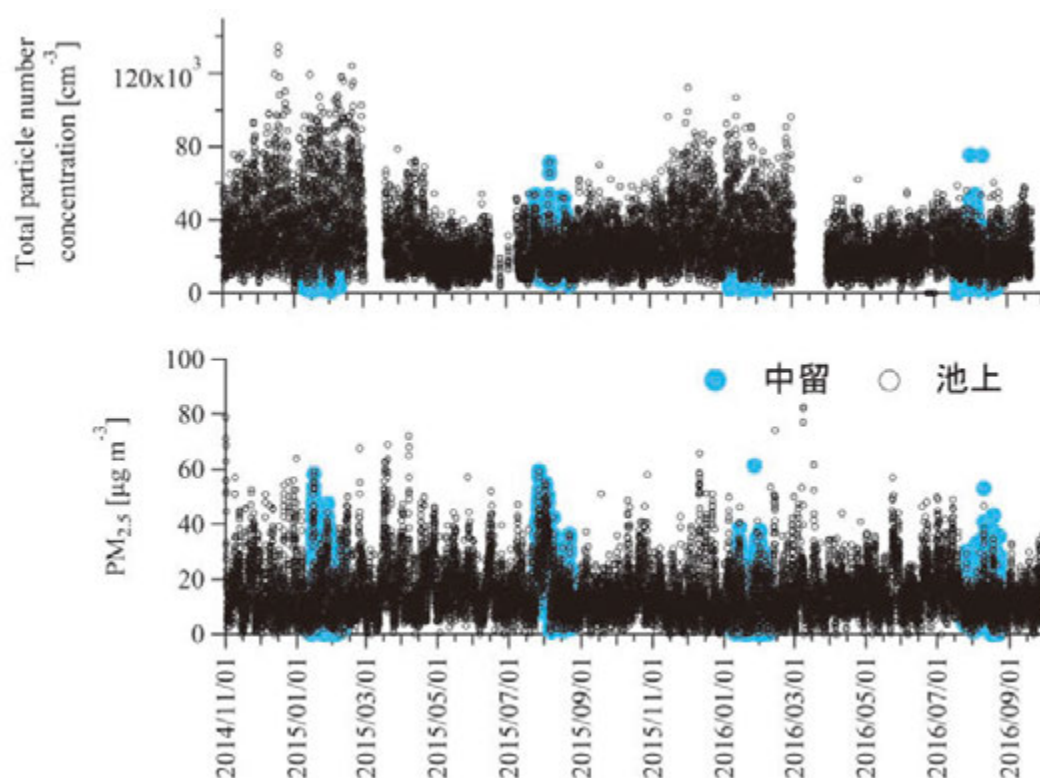


図 2 川崎臨港警察署前交差点および中留公園（後背地）における個数濃度および PM_{2.5}

表 2 期間の平均値

期間	PM _{2.5} [μg/m ³]		全個数濃度 [/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

1.2 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

本研究では 2015 年冬季夏季、2016 年冬季夏季に池上（交差点）と中留（後背地）で同時に PM_{2.5} および粒径別の試料採取を行った。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

置は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。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。

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。粒子質量は、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℃、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 0.1μg）を用いて行った。炭素分析は金ホイル、石英繊維フィルター試料で行った。元素状炭素（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）を用いて行った。水溶性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。また 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。また、2016 年冬季夏季には、池上（交差点）の観測サイトにおいて、スス粒子-エアロゾル質量分析計（SP-AMS）による PM_{1.0} の化学成分の連続計測を行った。SP-AMS はタングステン蒸発器により 600℃で揮発する非難燃性成分（土壤構成酸化物および元素状炭素以外）を、また、波長 1064 nm の Nd:YAG 連続発振型レーザー蒸発器によるレーザー誘起白熱法により光吸収性の難燃性黒色炭素（rBC）を含むエアロゾルを蒸発させる。蒸発された成分は、電子衝撃法でイオン化されたのちに高分解能飛行時間型質量分析計（HR-ToF-MS）で測定された。

図 3 に粒子質量濃度に対する主成分の化学組成について、2015 年冬季、2016 年冬季に得られた試料の結果を平均して示す。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（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、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い。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。次に交差点では EC が、後背地では OC が高い結果であった。分級試料の粒子質量濃度としては高い方から微小粒子、粗大粒子、ナノ粒子領域の順であり、両地点ともに同様の結果であった。

次に金属成分について濃縮係数により考察する。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 4 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であることに加え、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。図4にはPM_{2.5}の結果を示しているが、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10-56nmでは、Cr、Fe、Ni、Cu、Znの比が顕著に高くなる（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みられなかった。粒径100-320nmでは、Cr、Ni、Cu、Moの比が高い（約2-5倍）。粒径560nm以上ではTi、Co、Ni、Hgが高い（2-20倍）。モリブデンは地殻の構成比としては1.5ppm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、クロム、ニッケル、銅、亜鉛、モリブデン、鉛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鉄、銅、亜鉛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モリブデンや、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。

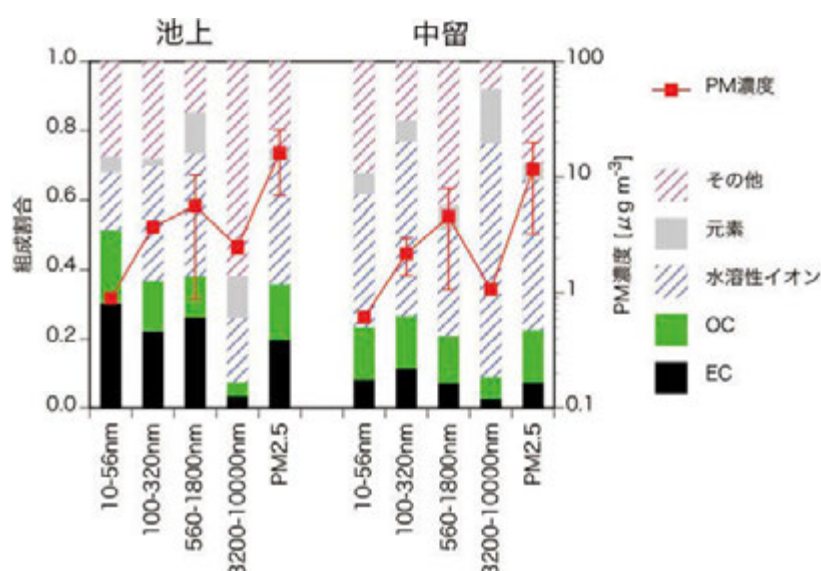


図3 捕集試料の化学組成（冬季平均）

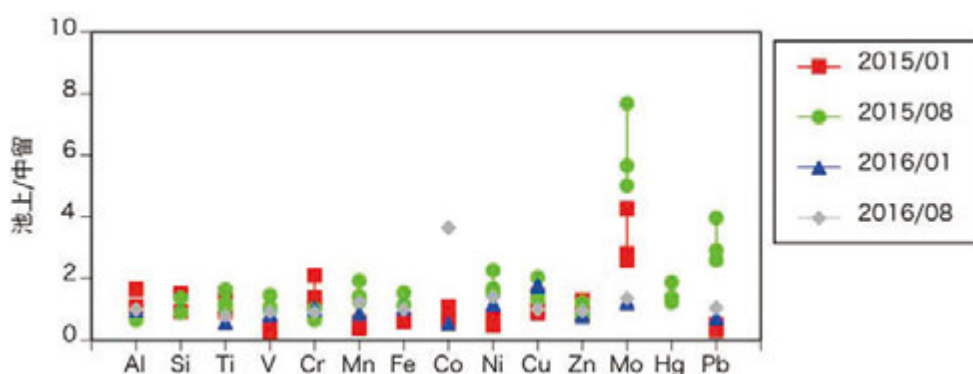


図4 地殻構成比に対する濃縮係数の交差点と後背地の比較 PM_{2.5}

図5に交差点においてSP-AMSで測定された冬季夏季の主成分の日内変化を示す。冬季、夏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。冬季の日内変化を見ると、有機物と硝酸塩が大きく濃度変動していた。有機物は7時台と19時台にピークが見られる。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るためであり、NO_xや個数濃度の変化も同様である。普通貨物車の走行パターンは4時台から6時台にかけて急増する。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する。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、夏季の日内変化を見ると、冬季とは異なる日内変動が見られた。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あった。これは二次生成が原因と考えられる。図には示していないが、風向別の濃度を比較すると、交差点と逆の方向である南方の風向の時間帯の方が、硫酸塩、鉄、バナジウムなど金属成分も含めて濃度が高くなる結果となった。

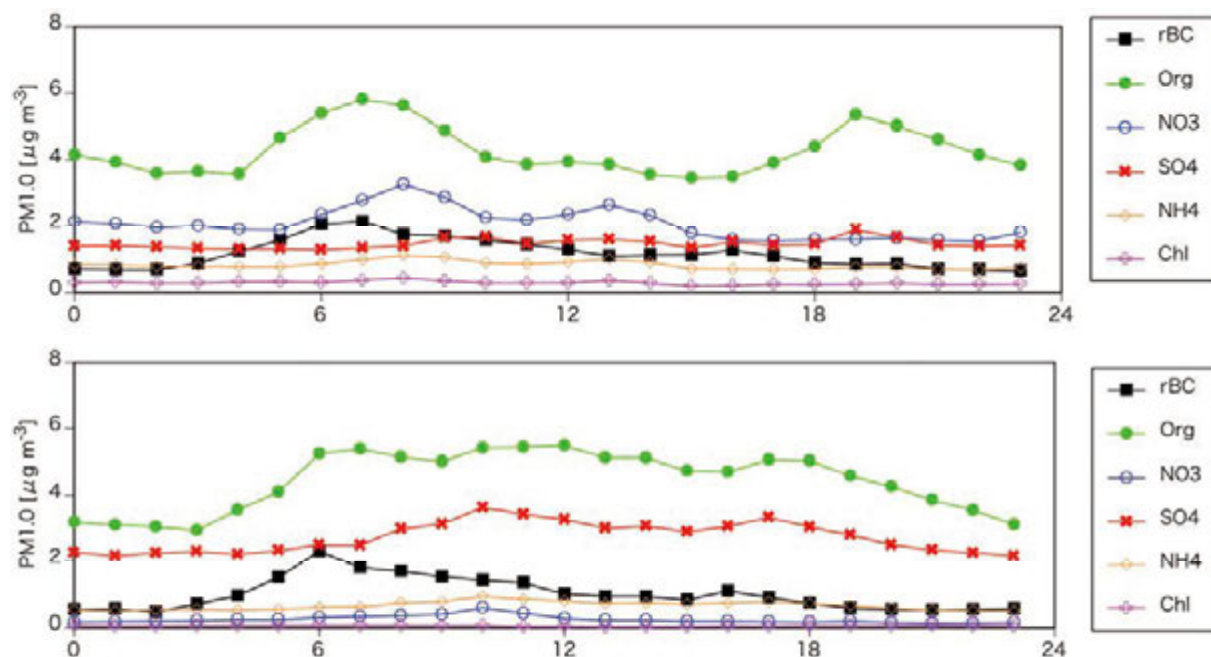


図5 スス粒子-エアロゾル質量分析計 (SP-AMS) による連続測定結果
交差点における主要化学成分の日内変動 (上: 2016年1-2月 下: 2016年7-8月)

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、さらにPM、OCを含めて考察した。図6に各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本交差点における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。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。大気濃度としては、粒径 10 nm-500 nm の個数濃度の二ヶ月間（冬季は 1-2 月）の平均値、EC、OC、PM は 5 日間かけて捕集された分級捕集試料のデータである。また、捕集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の SMPS データを比較して濃度を補正した。また、PM_{2.5} としての濃度は、分級試料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。

図 6 は冬季の結果であるが、2005 年から 2006 年にかけて交通量の大幅な減少に伴い PM 排出量が大幅に落ちているが、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 排出量に追従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。これは自動車が主な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。これは排ガス規制が粒子質量ベースなのに対して、個数ベースとしては規制しきれていないことを示すものと考えられる。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、他の発生源の寄与も考えられる。

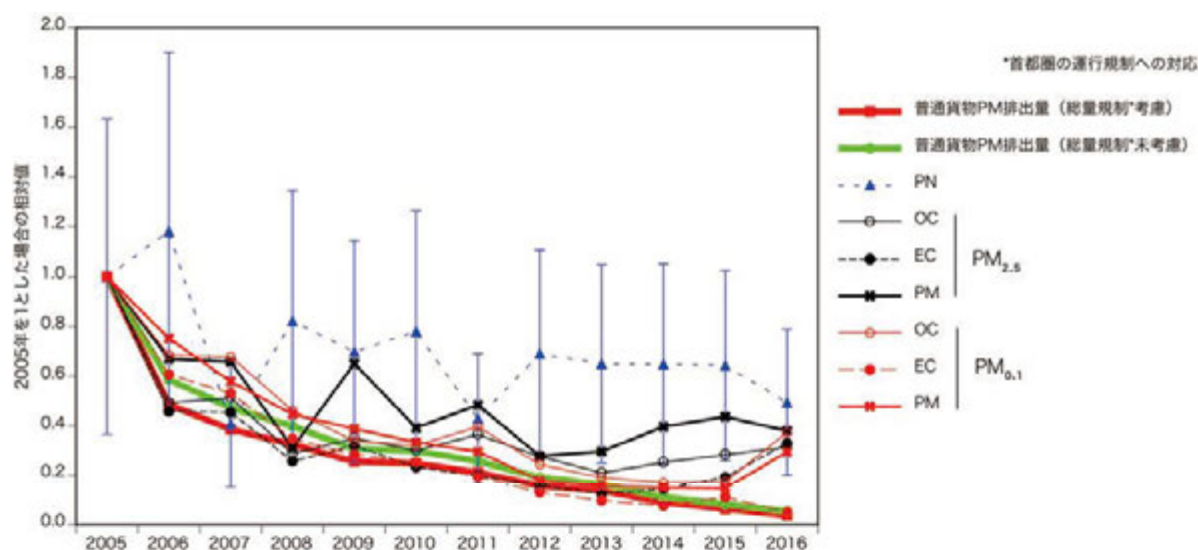


図 6 交差点における長期データ比較（冬季）

1.3 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 7 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 C₃H₇⁺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。C₃H₇⁺イオンは炭化水素類から検出され、ディーゼル粒子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、交差点においてはディーゼル粒子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 C₃H₇⁺の比が平均約 9.5 (SD±0.4) といずれも近い

値をとっていた。一方同じ燃焼発生源である稲わらや木材の燃焼時の測定では約 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ている。なお、 $PM_{2.5}$ の連続測定値の差から求めた寄与率は、直近の交差点を走行する自動車による寄与であり、また、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 8 に長期データから求めた自動車排気寄与の経年変化を示す。これは、図 6 に示したように普通貨物の PM 排出量と長期観測により得られた冬季の大気中濃度には良い相関が見られたが、その関係を用いて排出量をゼロにした場合の濃度を自動車以外の発生源による都市バックグラウンド濃度とし、自動車排気の寄与を評価した。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。また、この手法で求まる寄与は、直近の交差点を走行する自動車の寄与ということになるため、それら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。図 9 に 2016 年 1-2 月のデータで得られた各因子の濃度と寄与率の日内変動を示す。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 (LVOOA) および半揮発性含酸素 OA (SVOOA) 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、ディーゼル排気粒子の質量スペクトルと特に類似していることが挙げられる。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 であるが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り、自動車排気寄与としては上限と考えられる。また、夏季の HOA、NOA としては 20%、8% であった。

さらに、池上、中留の FRM 試料、NanoMOUDI 分級試料を対象に、ケミカルマスバランス (CMB) 法による発生源寄与解析を行った。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。使用した発生源プロファイルは高橋ら (2011) と同様とした。

図 10 に $PM_{2.5}$ の各発生源の寄与割合および自動車排気の寄与濃度を示す。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、計算された場合は自動車排気の寄与濃度差が池上と中留で見られた。この濃度差は、ほぼ $PM_{2.5}$ の濃度差を説明できた。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。夏季は寄与が下がり 15%、8% であった。粒径別の試料の結果では 2007 年冬季の試料では $PM_{2.5}$ で 33% であり、以前と比べ現在は寄与が低下していることが分かった。

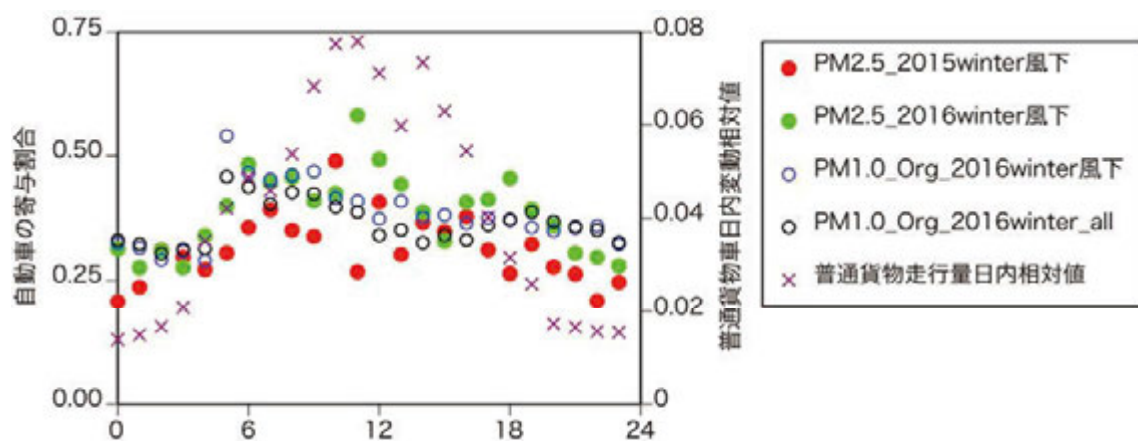


図 7 自動車寄与割合の日内変動 (冬季)

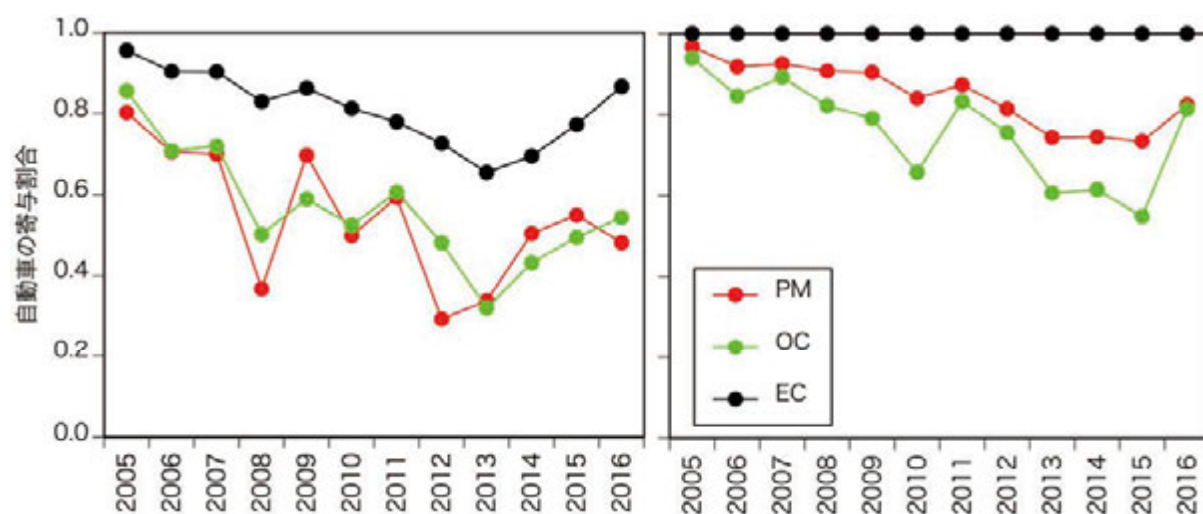


図 8 冬季の測定結果に基づく自動車寄与割合の経年変化

$PM_{2.5}$ (左) $PM_{0.1}$ (右)

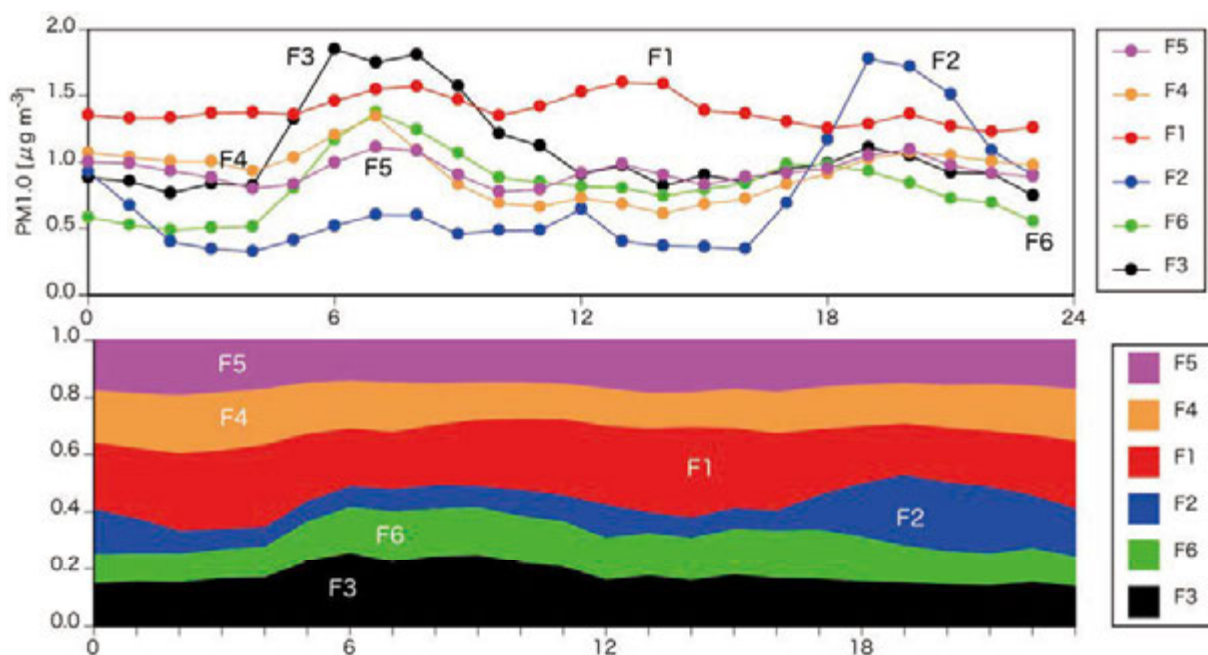


図9 SP-AMS データの PMF 解析の結果 2016 年 1-2 月

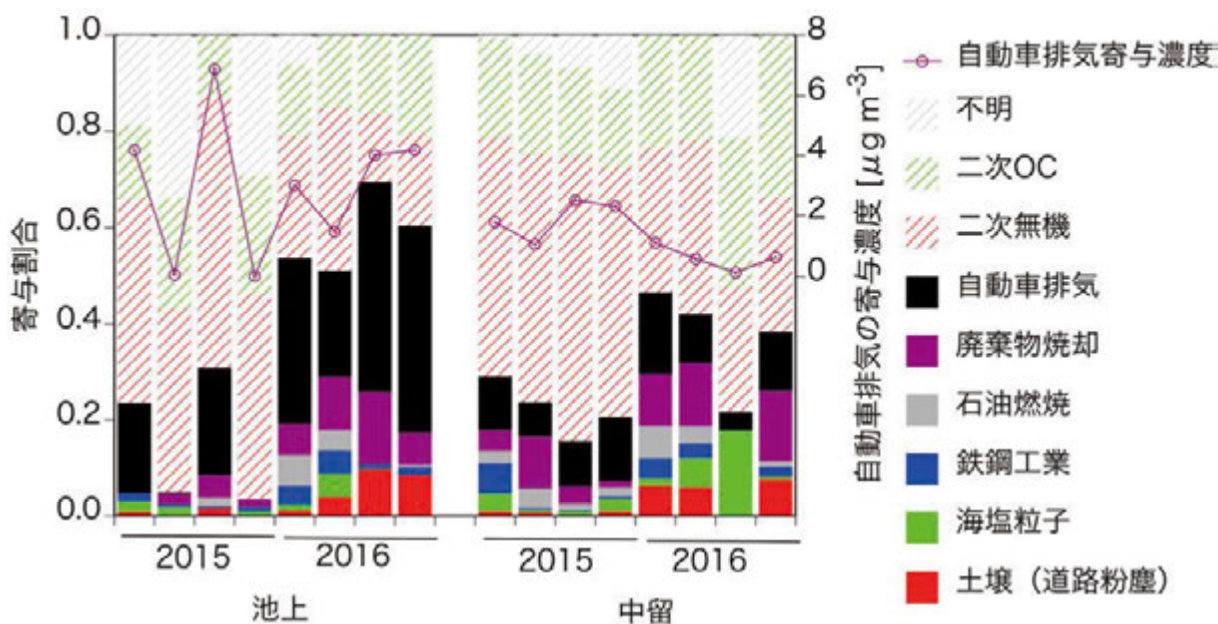


図10 PM_{2.5} 試料の CMB 解析の結果 冬季

図 11 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。おのおの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。また、手法の違いから、直近の交差点を走行する自動車の寄与割合の場合と、必ずしも直近の自動車の影響のみとは限らない場合の結果が混在している点に注意されたい。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。図には示していないが、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。

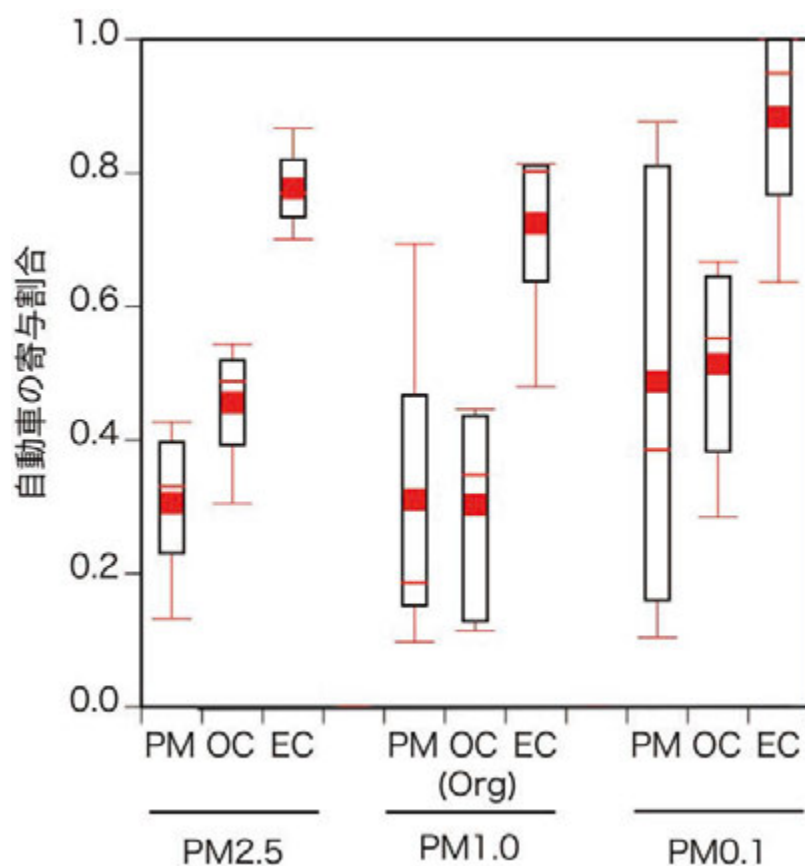


図 11 さまざまな手法により推定した 2015-2016 年の自動車寄与割合（冬季）

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.

2. 自動車からの PM_{2.5} 排出量推計

2.1 ガソリン車の PM 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、一昨年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、昨年度、平均速度別の排出係数を設定した。一方、環境省においても、昨年度から、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、従来ガソリン車に加えて、粒子排出が懸念される直噴ガソリン車の排出試験や排出データの収集を実施し、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、昨年度設定した排出係数よりも信頼性の高い排出係数が設定できる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同様な手法による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。

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資料、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。

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と考えられるため、その指標として CO を選定した。表 3 に、これらの因子と PM との相関係数を示す。

表 3 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

これらの結果から、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4に設定した排出係数式を示す。

表4 PM 排出係数式

$$PM(mg) = a \times CO(g) + b \times CO_2(g)$$

	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		

2.2 自動車からのPM_{2.5}排出量推計

前節で設定した排出係数を用いて、ガソリン車を含めた自動車からのPM_{2.5}の排出量を推計した。

燃料消費量（CO₂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）」（数理計画、2015）の推計結果を用いた。なお、環境省が推計したCO₂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CO₂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、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12）。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13）。

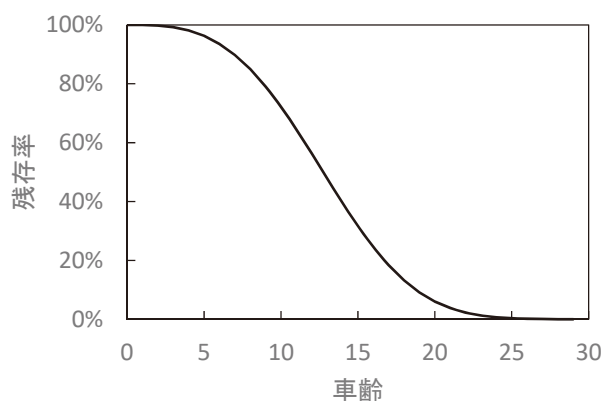


図12 新車の残存率

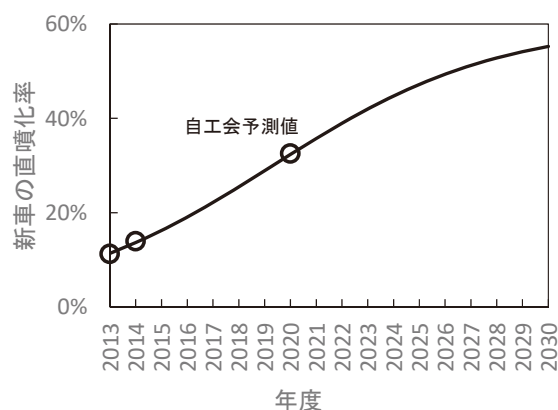


図13 GDI車の普及予測

推計結果を図 14、15 に示す。

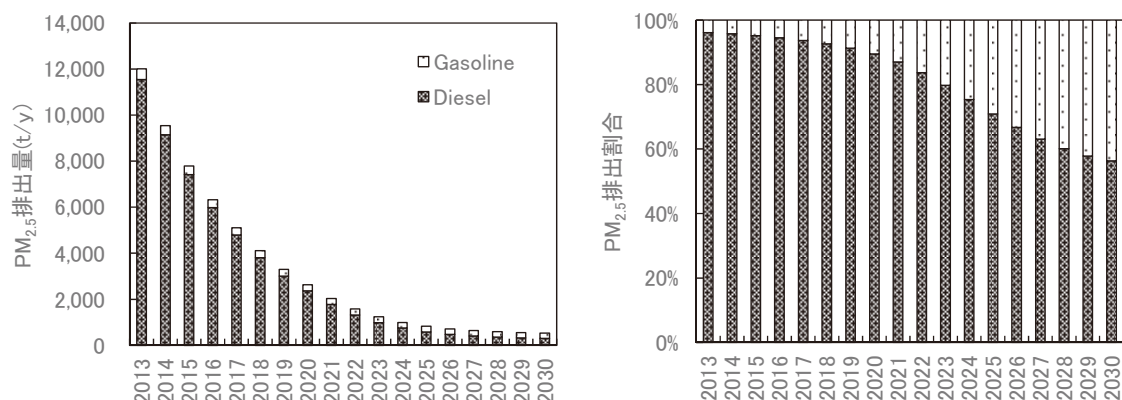


図 14 自動車からの PM_{2.5} 排出量の推移 (ベースケース、全国)

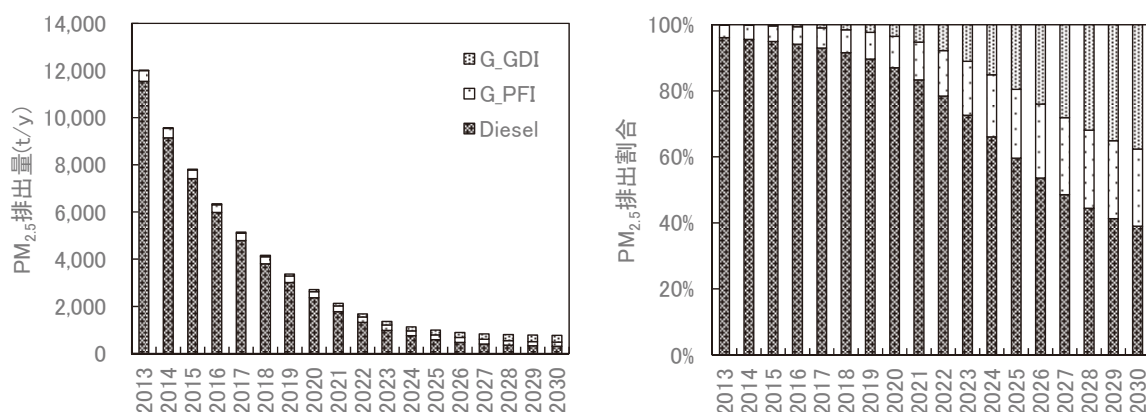


図 15 自動車からの PM_{2.5} 排出量の推移 (GDI 普及ケース、全国)

図に示すように、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。

2.3 排出量推計手法の検討

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作成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)、JCAP II、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を考慮した排出量の推計が実施されてきた。また、近年、環境省が実施している自動車排出ガスの推計においても、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 16 は、環境省と JATOP II との排出量推計値を、環境省推計値（MOE）（数理計画、2012）を基準として、比較したものである。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、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 WG）を設置して、現状の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、その課題を検討してきた。

本年度は、これまで明らかになった課題について、その対応策を検討し、自動車排出量推計の改善策を示した。さらに、更なるデータの蓄積や検討が必要なものについては、今後の研究課題として示した。

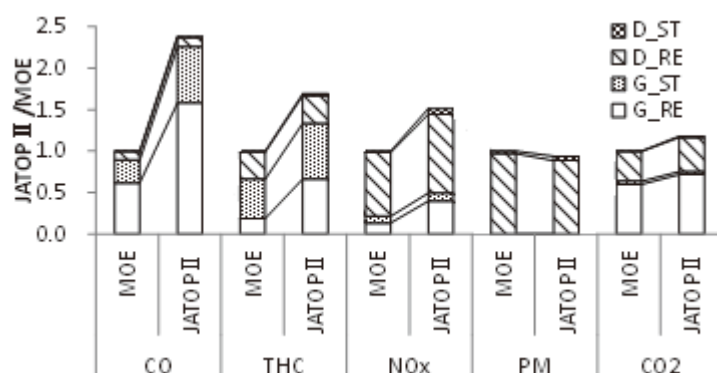


図 16 環境省（MOE）と JATOP II との排出量推計値の比較（小林ら、2013）

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

2.3.1 環境省推計と JATOP II 推計とに推計値の乖離が生ずる主な原因と推計手法の課題

（1）始動時排出量

両者に推計手法や排出係数、温度補正係数など、推計に使用している主なデータには、大きな相違がないことから、時間空間分解能の違いにより生ずる温度データの差異が主な原因と推察された。

環境省推計では、県別、季節別、時間別の温度データ、JATOP II 推計では、3 次メッシュ別、月別、時間別温度データを用いている。乗用車など多くのガソリン車は、気温の低い早朝に始動する回数が多いことに加えて、低温時における補正量も大きいため、季節別と月別では、補正に用いる温度に相違が生じ、補正量に差異が生じたものと考えられる。さらに、都市部と郊外とにおいても、温度差が存在することから、空間分解能の差も無視できない差異が生ずる原因と推察された。

その他の原因としては、ソーク時間補正係数（駐車時間の違いによる補正係数）の相違や劣化

補正の有無などが考えられる。環境省推計では、CO、THC、NO_x について、同じ補正係数が使用されているのに対し、JATOPⅡ推計では、それぞれの汚染物質に対応した補正係数が使用されている。劣化補正については、環境省推計では、走行時の排出量については、補正を行っているが、始動時については未考慮となっている。

(2) 走行時排出量

走行時についても、両者に推計手法や排出係数、温度補正係数、劣化補正係数など、推計に使用している主なデータには、大きな相違がないことから、高排出車補正の有無が乖離の主な原因であると推察された。JATOPⅡでは、リモートセンシング調査結果をもとに、故障車などの著しく排出量が多い車両を高排出車として定義し、その割合を推定して、それらの車両からの排出量を推計している。環境省推計では、高排出車の影響を検討中であるが、推計値には、未だ、反映されていない。

また、道路の混雑度に対する平均旅行速度の設定法にも相違があり、JATOPⅡの方が、環境省推計に比べて、旅行速度を低く見積もっている可能性が考えられた。

その他、重量車の車両重量等の設定法などに相違があるが、推計値に及ぼす影響が限定的であると考えられた。

(3) その他の主な課題

排出量推計全般に関する課題として、以下のような項目が指摘された。

・推計対象

環境省推計では、始動時、走行時の排出量を推計しているが、JATOPⅡでは、それに加えて、蒸発ガスの排出量を推計している。また、給油時の蒸発ガス排出量についても、必要性が指摘された。その他、推計対象物質についても、環境省推計では、規制対象物質とCO₂について推計を行っているのに対し、JATOPⅡでは、NMHC、NO₂、NH₃ などについても推計を実施している。

・車種分類

車種分類や貨物車の重量区分に相違が存在。その他、業態別区分（自家用、営業用）の有無などにも相違が認められた。

・排出係数

現在の排出係数は、一般に実走行モードと呼ばれる路上走行を模擬した運転モードを用いて、シャシーダイナモメータ試験により測定された排出データをもとに設定されたものであるが、実使用条件との乖離がないか検証が必要との指摘があった。

・活動量

推計には、交通量など、交通に関する統計データが必須であるが、近年、調査の簡素化等により、推計に必要な情報が不足する傾向にあることが指摘された。特に、道路交通センサスの車種分類が、8車種→4車種→2車種と減少しており、推計に支障をきたす状況になっている。

・排出補正係数等

近年の排出ガス規制の強化に伴い、通常使用時における排出ガスは著しく低減されており、推計値に及ぼす温度、湿度、劣化、DPF再生時補正、始動時ソーク時間補正などの排出補正

の影響が大きくなっている。しかしながら、その排出補正に使用されている係数データは、2000 年前後に設定されたものが多く、最近の新しい車両への適用には問題があり、更新や検証が必要との指摘があった。

- ・蒸発ガス排出量

自動車の使用実態や推計手法の再検討、検証が必要。

2.3.2 排出量推計手法の主な課題に対する対応策

(1) 推計対象過程、推計対象物質等

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・空間分解能が異なることによる推計値の相違に対する対応策

時間・空間分解能が異なることにより、排出補正に用いる温度データが異なり、その結果、推計された排出量に差異を生じることが、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）

(3) 実環境（リアルワールド）との乖離の有無、検証

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簡単ではなく、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 PEMS（Portable Emission Measurement System）データ、活動量については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、今後の研究課題と考えられる。

(4) 補正係数等の更新

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、多くの費用や労力が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リモートセンシング調査の結果から、補正係数を設定、更新することも考慮する必要があるだろう。

(5) 蒸発ガス排出量推計

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、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。

2.4 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) を採用した。

MOVES は、走行時の出力を以下に示す車両重量当たりの出力で除した 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。

$$VSP_t = \frac{Av_t + Bv_t^2 + Cv_t^3 + mv_t a_t}{a} \quad (kW/Mg) \quad (1)$$

v_t : velocity(m/sec)	A : rolling resistance (kW·sec/m)
a_t : acceleration (m/sec ²)	B : rotating resistance (kW·sec ² /m ²)
m : weight (ton)	C : aerodynamic drag (kW·sec ³ /m ³)

具体的には、図 17 に示すような速度と VSP の区分ごとに設定された排出係数を用いて、道路区間ごとの速度と VSP の時間割合および総運転時間とから排出量を算定するものである。

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、将来の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。

しかしながら、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が、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。

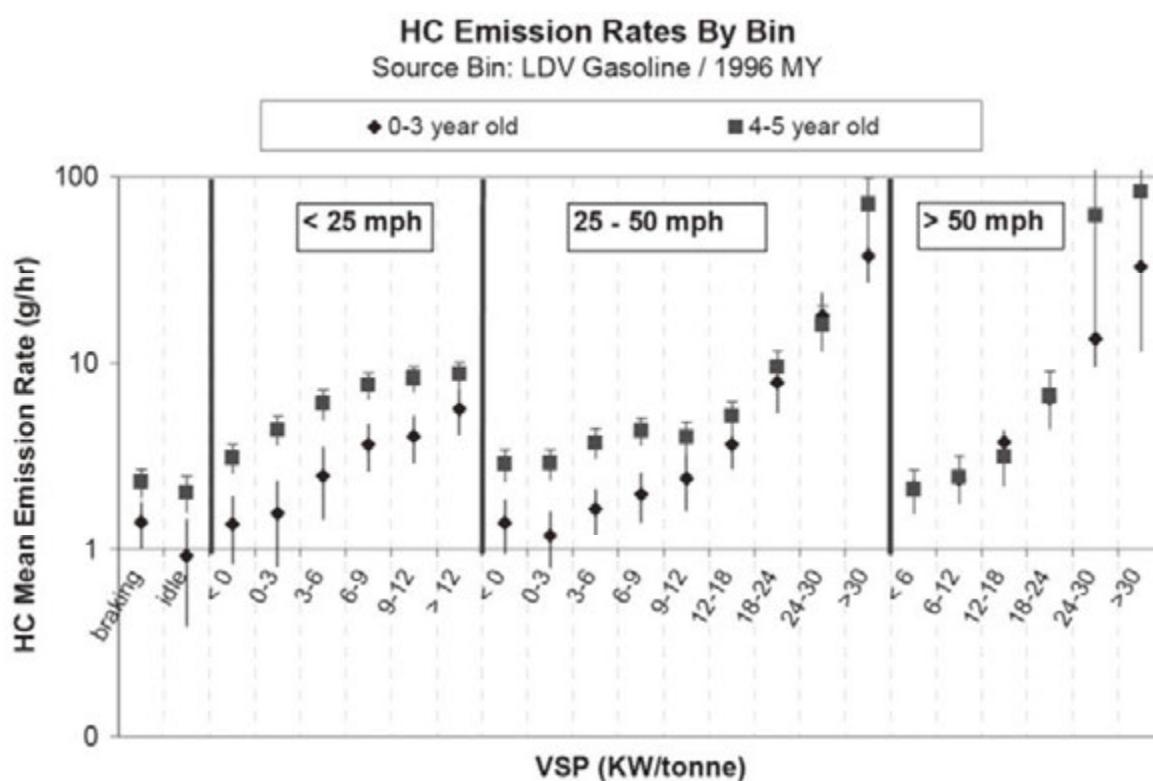


図 17 MOVES における排出係数の例（LDV、HC）

さらに、蒸発ガスについても、表 5 に示すように、推計項目が、これまでの MOBILE Model で採用されていた試験法ベースから発生機構ベースに変更されている。

表 5 蒸発ガスの推計対象項目

MOBILE Model — 試験法ベース	MOVES — 発生メカニズムベース
• 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	• 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.

MOVES では、燃料タンク温度の詳細な推定や環境温度が低下する時のキャニスターパーージなど、これまで未考慮の項目が追加されており、我が国における蒸発ガス発生量の推計法を検討する際に参考になると考えられる。

なお、米国 EPA は、MOVES の開発に約 10 年間を費やしていることから、新しい推計法の検討には、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。

参考文献

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

国土交通省(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
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」
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

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

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」
MOVES、<http://www.epa.gov/otaq/models/moves/>

【まとめ】

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、無機ガスデータを集約し、粒径別粒子数データ、粒径別試料等の成分濃度を用いて、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から、自動車排気の影響は小さく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。夏季は寄与が下がり 13% 程の寄与であった。一方、夏季冬季ともに、粒径全体に渡り EC や、 $PM_{0.1}$ のいずれの成分も、依然として比較的高い寄与となっていた。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 と粒径 100 nm 以下の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、これらの削減対策が引き続き必要になると考えられる。

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察された。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。これらの結果から、今後の道路沿道における $PM_{2.5}$ 削減対策としては、新型車への転換促進、使用過程車の性能維持などの自動車に対する対策に加えて、バックグラウンドである一般大気環境の濃度低減対策を進めることが有効であると考えられた。

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、更には、補正係数等のデータ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。さらに、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。さらに、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、この手法は、排出係数を VSP（Vehicle Specific Power）の関数として定義し、局所から広域まで、同じ手法での推計ができることから、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。