

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

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。

【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} 質量濃度及び粒径 0.5-20 μ m 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独立行政法人国立環境研究所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、環境省から独立行政法人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 沿道大気及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の検討を行う。

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} 質量濃度及び粒径 0.5-20 μ m 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 沿道大気及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、交差点及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、発生源寄与率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

既存の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の検討を行う。

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} 質量濃度及び粒径 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 沿道大気及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、交差点及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 年間の連続測定及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、沿道及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。この観測小屋は独立行政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。

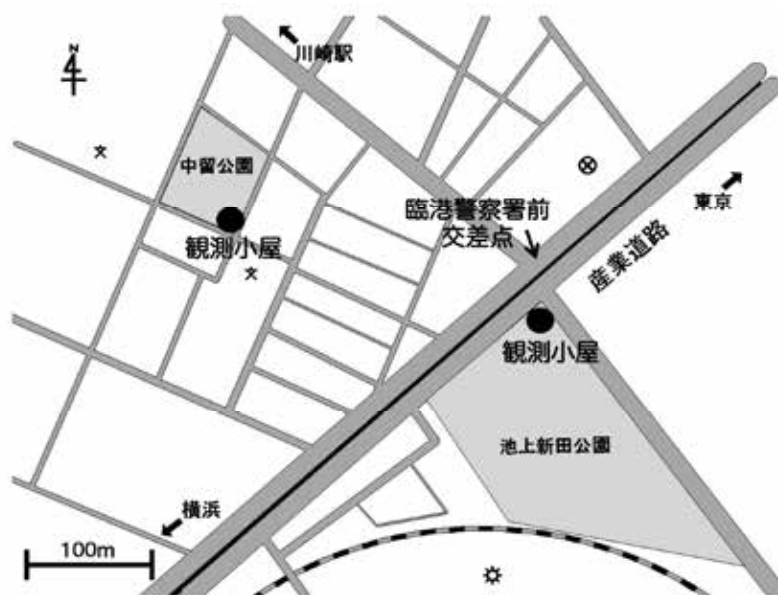


図 1 調査区域周辺図

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 2015 年 1 月 7 日から 2 月 9 日まで観測小屋を設置して測定を行った。なお、2011 年に池上の交通量調査を行ったところ、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%であった。

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）

表 1、表 2 に池上及び中留の観測小屋の連続測定項目を示す。また図 2、3 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。解析した観測データは池上の 2014 年 11 月 1 日から 2014 年 12 月 31 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）及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。

表 1 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	

表 2 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	

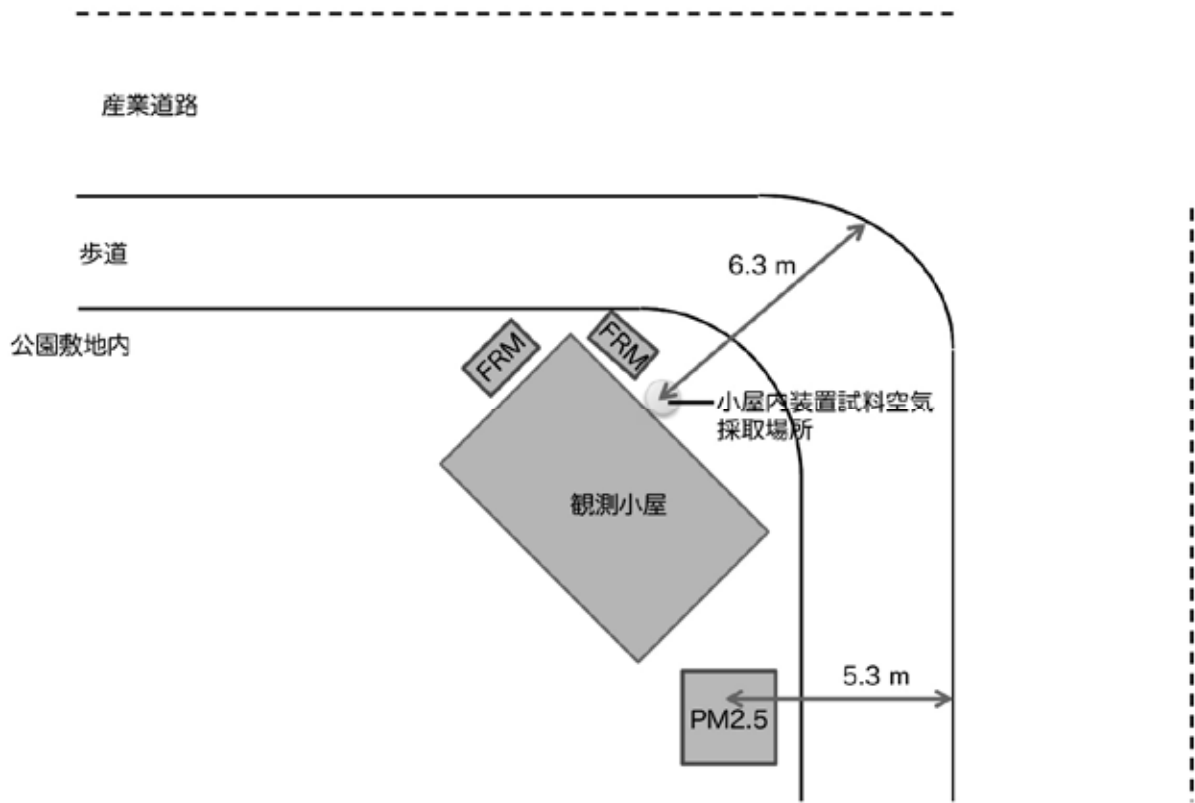


図2 川崎臨港警察署前交差点（池上）における測定装置の配置図

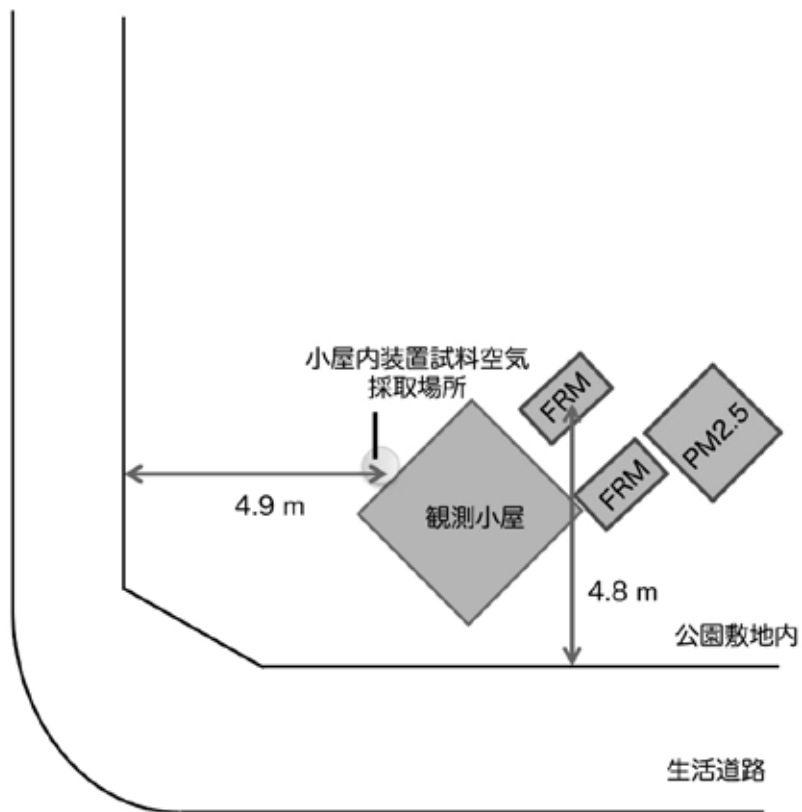


図3 中留公園（中留）における測定装置の配置図



写真1 川崎臨港警察署前交差点及び観測小屋（横断歩道の先）



写真2 中留公園の観測小屋

図4にPM_{2.5}濃度、個数粒径分布（10-500 nm）、NO_x濃度の時系列を示す。本解析期間の池上におけるPM_{2.5}の平均値は16.2 $\mu\text{g m}^{-3}$ であった。PM_{2.5}は夜間にスパイク状に高くなる場合が

多い。このスパイク状の現象は、関東地方の他の地点（例えば、茨城県つくば市の国環研敷地内）でも同期して起こっていることから、局所的な現象ではなく、広域的な現象と考えられる。沿道における NOx 濃度はディーゼル車の排気の指標となる。PM_{2.5} 濃度が高い場合に NOx 濃度も高い場合もあるが、必ずしも同期しているわけではない。PM_{2.5} と NOx の相関係数は 0.36 であった。

解析期間全体の平均の粒子個数濃度は 3.5×10^4 個 cm^{-3} であった（同期間の国環研敷地内での計測値は 6.9×10^3 個 cm^{-3} ）。朝方 7 時台に個数濃度が高く、特に粒径 20-30 nm の個数が増えている。NOx と個数濃度の相関係数は 0.88 と高く、個数濃度はディーゼル車の排気の影響を強く受けていると言える。また、PM_{2.5} 濃度が低い期間（例えば 11 月 14 日から 15 日や 12 月 25 日から 27 日）でも個数濃度が高いことから、個数濃度と PM_{2.5} の挙動は異なることが分かった。PM_{2.5} と SMPS 及び APS の 10-2458 nm の測定値から、粒子が球形であると仮定して計算した粒子体積濃度は、高い相関 ($r=0.82$) があり、両者の測定値に矛盾がないことが確認できた。また、それらの関係を用いて粒子密度を 1.4 と仮定すると、粒子体積から算出した質量濃度と PM_{2.5} 濃度が一致した。風向による影響について、観測期間は平均風速が 0.7 m sec^{-1} と弱く、大部分の時間帯は自然風よりも自動車による攪乱が卓越する条件下であった。粒子個数、ガス濃度は若干道路の風下側になると高い傾向が見られたが、PM_{2.5} は風向とは無関係であった。

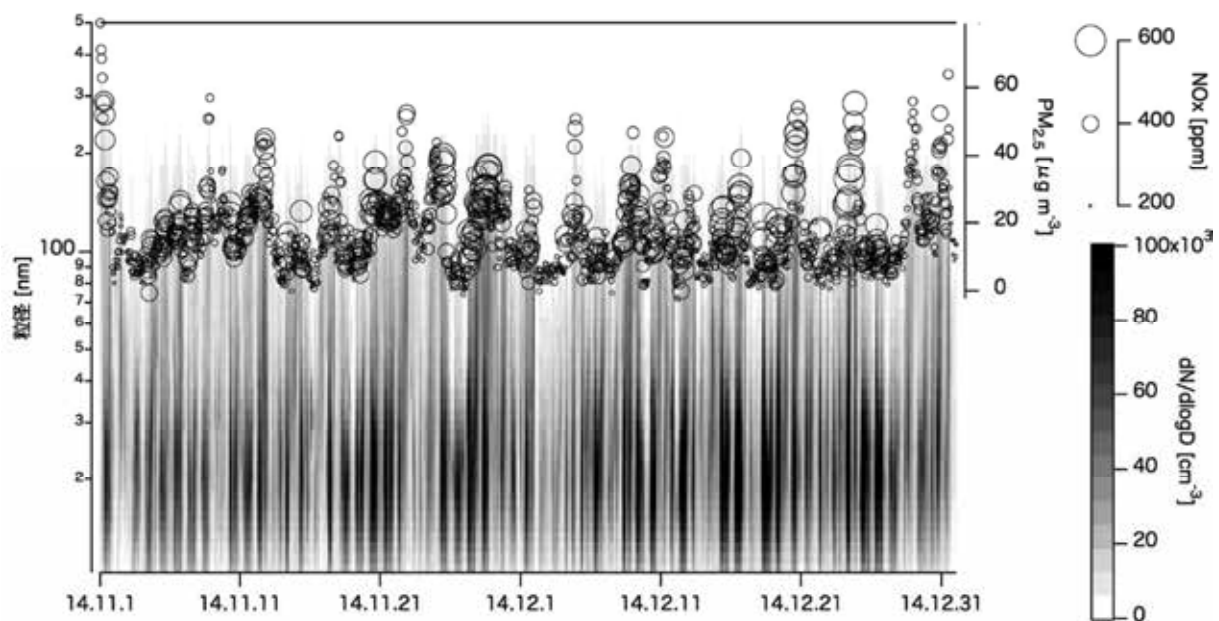


図 4 川崎臨港警察署前交差点における 2014 年 11 月 1 日から 12 月 31 日までの PM_{2.5}、個数粒径分布、NOx 濃度時系列

1.2 沿道大気及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

粒子の捕集は 2015 年 1 月 19 日（月）-23 日（金）に池上と中留で同時に行った。図 5 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。1月19日13時に捕集を開始し、96時間後の1月23日13時に終了した。その間、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 mmφ）を用いて屋外大気を吸引し試料を採取した。

図5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（47mmφ、TFH-47R、HORIBA）及び石英繊維フィルター（47mmφ、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 mmφ、厚さ 17 μm、三菱マテリアル）及びポリカーボネートフィルター（47 mmφ、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°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 μg）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 μg（テフロン）、4 μg（石英）、0.5 μg（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。

写真5に捕集後のフィルターの写真を示す。池上で捕集した試料の方が色が濃く、黒色に近い。図6に粒子質量濃度の結果を示す。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（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。いずれの地点も微小粒子が最も濃度が高く、粗大粒子、ナノ粒子の順であった。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。PM_{2.5}の平均濃度は沿道、後背地それぞれ 24.9 μg m⁻³、19.4 μg m⁻³であった。

沿道（池上）と後背地（中留）の比較をすると、ナノ粒子領域で沿道の濃度が5.5倍近く高くなっている。ナノ粒子領域である20-30 nmの個数濃度が排気と同期していることも考慮すると自動車の排気の影響を受けたと考えられる。ついで粗大粒子が2.1倍となっているが、これは巻き上げ粉じんが原因となっている可能性がある。NanoMoudi IIによる微小粒子、FRM サンプラーによるPM_{2.5}については1.4倍前後であった。DEPに特徴的な粒径領域にも関わらず、ナノ粒子や粗大粒子の粒径区分と比べて濃度比は大きくなかった。これはPM_{2.5}でみるとバックグラウンドの影響があり、自動車排気の影響が見えにくいと考えられる。

以上のことから、川崎臨港警察署前交差点においては、後背地の中留公園に比べ、自動車の排

気や走行により、粒径区分によって大気中濃度が 1.3 倍から 5.5 倍程度高まっていることが分かった。また、自動車の排気の影響は、PM_{2.5}では見えにくく、個数濃度で顕著に表れることが分かった。

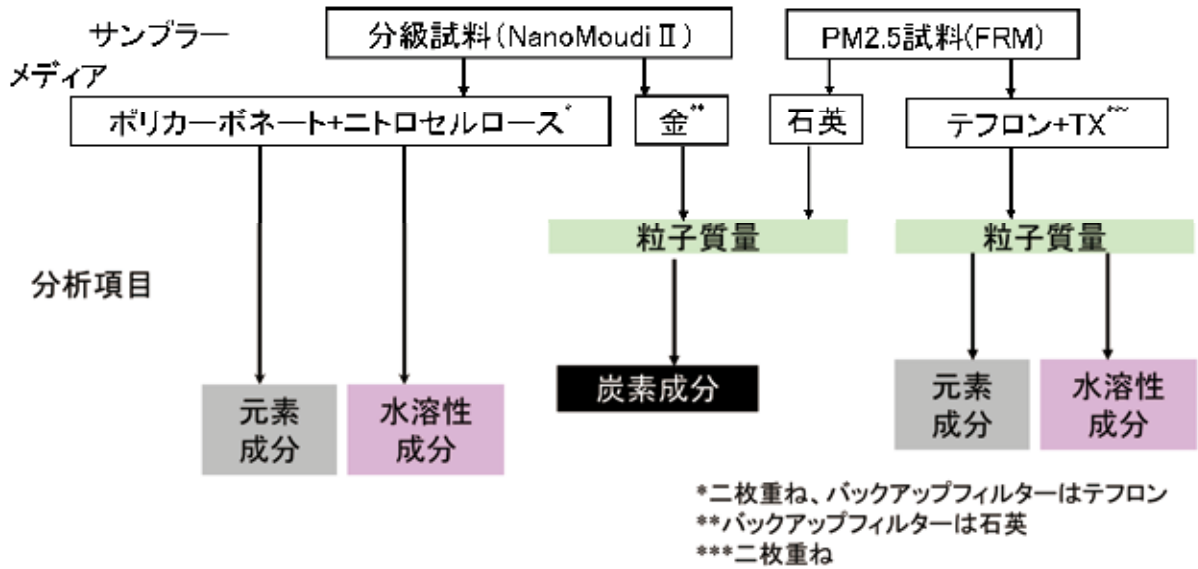


図5 サンプラー、捕集メディア及び分析項目



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
 左：FRM サンプラー 右：NanoMoudi II

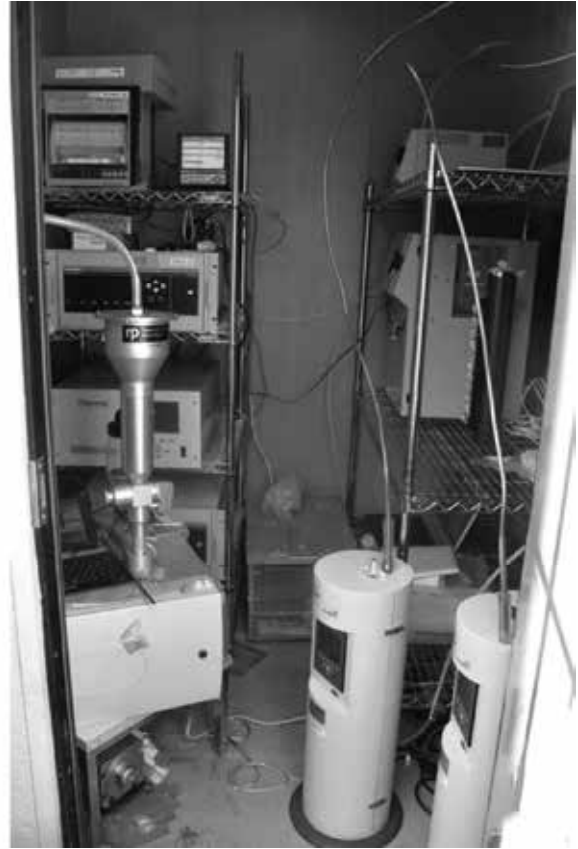


写真4 中留公園の観測小屋における粒子捕集
左：FRM サンプラー 右：NanoMoudi II



写真5 FRM サンプラーによる捕集後の試料

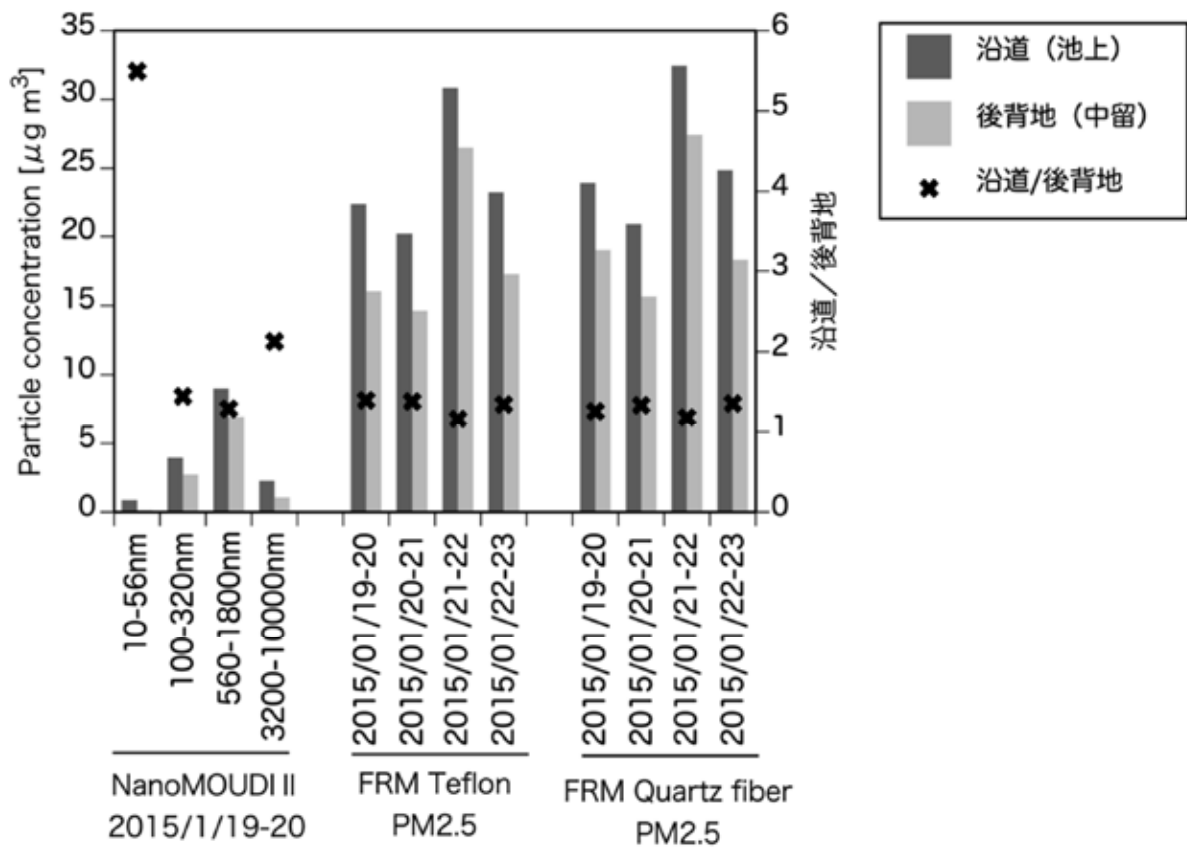


図6 粒子質量濃度 2015年1月

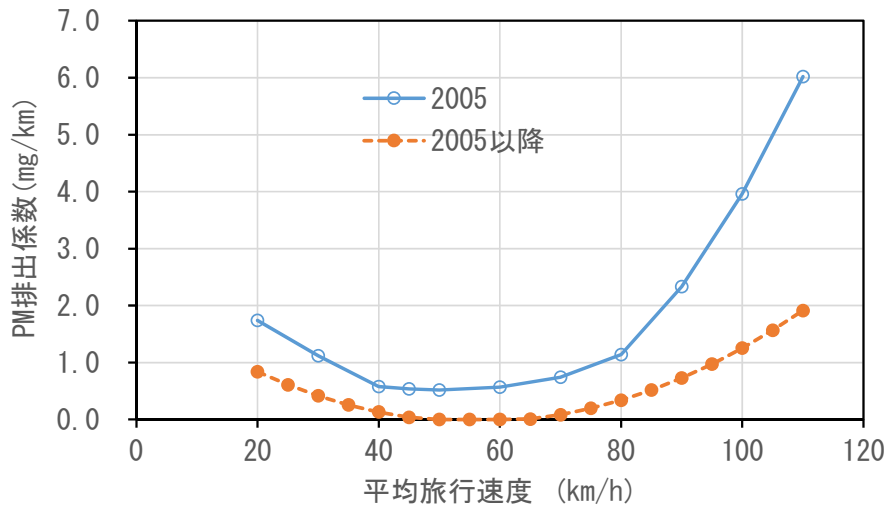
2. 自動車からのPM_{2.5}排出量推計

2.1 ガソリン車からのPM排出量データ収集

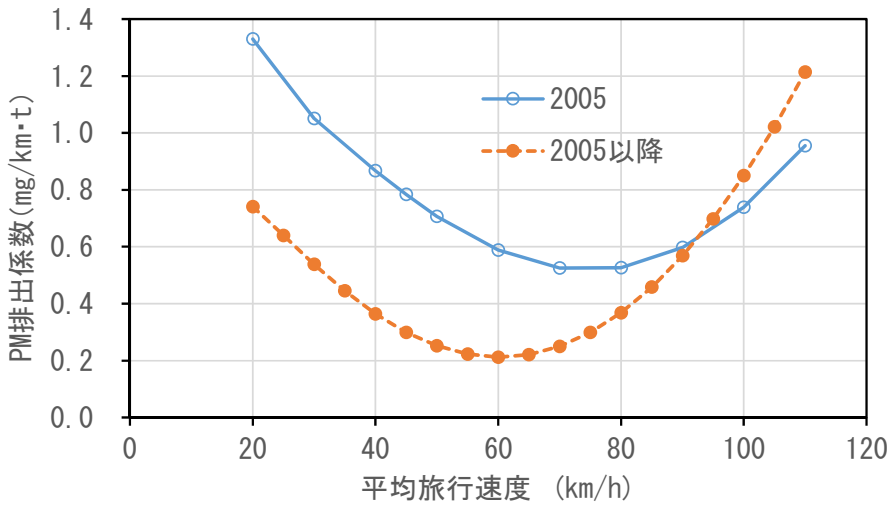
自動車から排出される大気汚染物質の排出量は、一般に、平均旅行速度ごとに定義された排出係数 (g/km, mg/km) に走行量 (km・台) を乗じて求めている。そこで、本調査研究では、ガソリン車からのPM排出データ収集にあたり、旅行速度の情報がある排出データを中心に調査を実施した。調査対象としては、我が国におけるガソリン車からのPM排出データが極めて少ないことが予想されたため、排気ガス対策の水準が我が国と同レベルにある米国と欧州を対象に調査した。

我が国では、一般に広く普及している均質混合気燃焼方式のガソリン車へのPM排出規制がないため、一部の自治体や国土交通省国土技術政策総合研究所などで、ガソリン車からのPM排出量の推計が実施されているが、ガソリン車からのPM排出量推計例は極めて少ない。

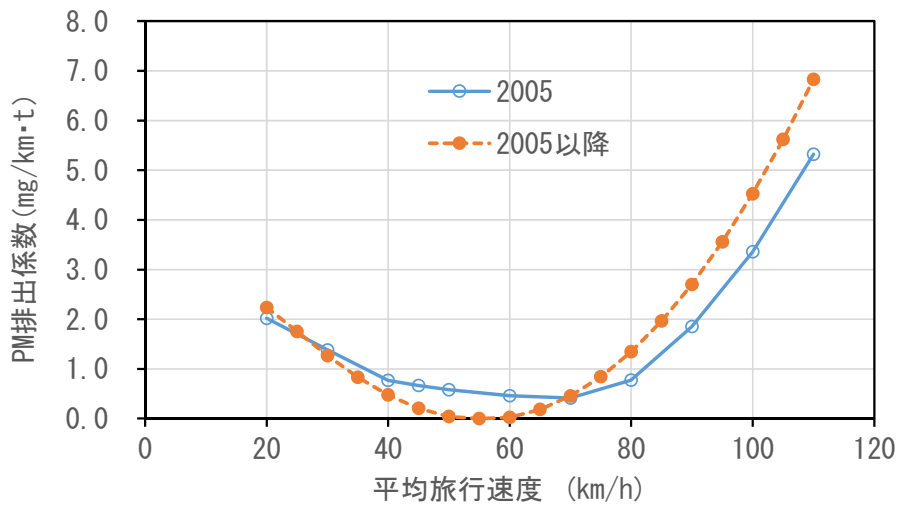
自治体で実施されている推計では、燃料当たりの排出係数 (g/kg-fuel) を用いた推計などが行われているが、旅行速度ごとに定義された排出係数を用いているものは見当たらなかった。国土技術政策総合研究所では、道路の環境影響評価を目的として、旅行速度ごとに定義された排出係数を整備している。これらは、シャシダイナモ上で、実走行モードを運転した時の排出ガスデータをもとに設定されたもので、乗用車、軽量貨物車、中量貨物車、重量貨物車の4車種に設定しているが、中量と重量貨物車は同じ排出係数が設定されている (図7)。



(a) 乗用車



(b) 軽量貨物車



(c) 中・重量貨物車

図7 国土技術政策総合研究所によるガソリン車のPM排出係数

そのほか、近年、燃費向上を目的に、筒内直接噴射式のガソリンエンジンを搭載した乗用車（以降、直噴ガソリン車とも呼ぶ。）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おり、実走行モードで PM 排出を測定した結果が研究論文として、幾つか報告されている。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、参考にすべき情報と考えられる。

海外では、米国の EPA (Environmental Protection Agency) やカリフォルニア州の ARB(Air Resource Board)、欧州の排出インベントリである EMEP/EEA air pollutant emission inventory においてガソリン車からの PM 排出量推計が実施されている。特に、ARB における排出量推計では、将来直噴ガソリン車が増加することを予測して、排出係数が設定されており、今後のガソリン車の PM 排出係数を設定する際に参考になると考えられる。図 8 に、カリフォルニア州の自動車排出モデル EMFAC に使用されているカリフォルニア州全域を対象にした時のガソリン乗用車からの PM_{2.5} 排出係数(年平均)を示す。図 9 には、同じくガソリン乗用車の時速 15mile/h (約 24km/h) における PM_{2.5} 排出係数の経年変化を示した。2005 年ごろに一旦ほぼゼロに低下した排出係数が、僅かではあるが徐々に増加する傾向を示している。これは、今後、ガソリン乗用車の燃費向上対策として、PM 排出の多い直噴ガソリン車が増加することを考慮しているためである。

これまでの調査により、ガソリン車からの PM 排出係数は、年式や燃焼方式により大きく異なることが予想されるため、直噴ガソリン車の比率など PM 排出に影響を及ぼす要因を考慮して、今後の推計に用いる排出係数を設定する必要があることがわかった。

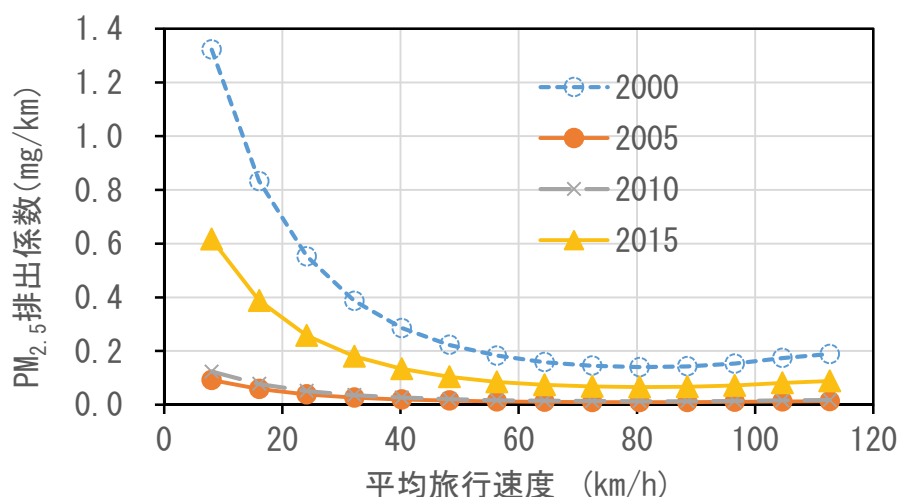


図 8 米国カリフォルニア州におけるガソリン乗用車の PM 排出係数

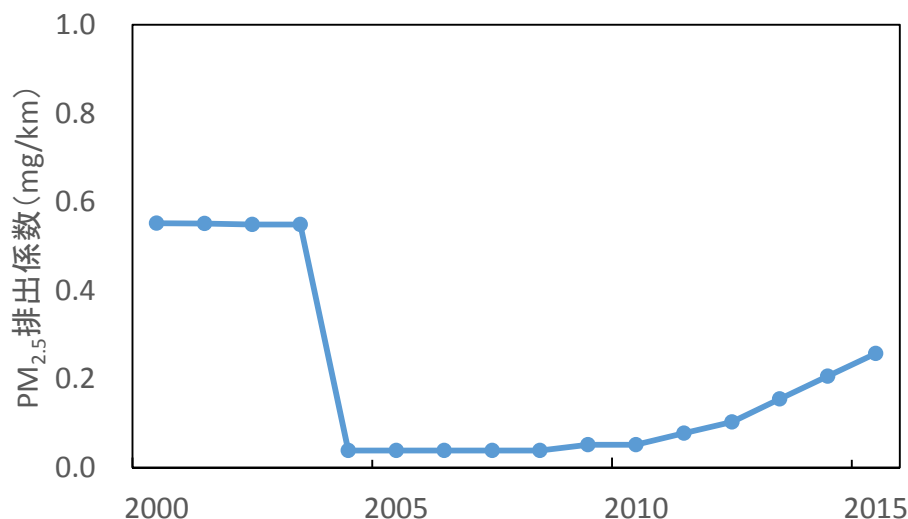


図9 米国カリフォルニア州におけるガソリン乗用車のPM排出係数の経年変化(時速15mile)

2.2 排出量推計手法の検討

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。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ディーゼル排気粒子（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。

最近では、このような背景を踏まえ、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、排気後処理装置の劣化などを考慮した排出量推計が実施されているが、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。本調査研究では、今後、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WG）を設置し、広範な意見を集約する予定である。

平成26年度は、主に、これまで各方面で実施されてきた排出量推計結果をもとに、推計手法に関する課題を明確にするとともに、幹線道路及び細街路の走行量の車種別走行量配分や物車の走行時車両重量年式別・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の検討を実施した。

2.2.1 排出量推計に関する課題

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)、JCAP II、JATOP (Japan Auto Oil Program)、JATOP II 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。このような、実環境における排出量推計は、我が国では実施例がなく、推計結果を比較検討する対象がないため、その推計精度等の議論ができない状況であったが、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。

本調査研究では、排出量推計 WG において、環境省、JATOP II の推計を実施している関係者から推計手法の説明を受け、推計手法の詳細な内容や課題について検討を行った。

図 10 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。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 10 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。

両者の乖離の原因としては、環境条件や触媒の劣化による排出量増加などの各種排出補正方法が主要因と推察された。また、JATOP II による推計は、化学輸送モデルへの入力データ作成を目的にしているため、3 次メッシュの空間分解能を有し、1 時間ごとの排出量を推計しているが、環境省の推計は、都道府県ごと、季節ごとの推計になっており、このような時間分解や空間分解の相違も推計値に影響を及ぼしていることが推察された。そのほか、車種区分や走行量の地域配分、旅行速度の設定法、高排出車補正の有無などにも相違があることがわかった。

また、自動車からの排出量推計の基礎となっている走行量についても、様々な課題があることが判明したが、それについては、次節で述べる。

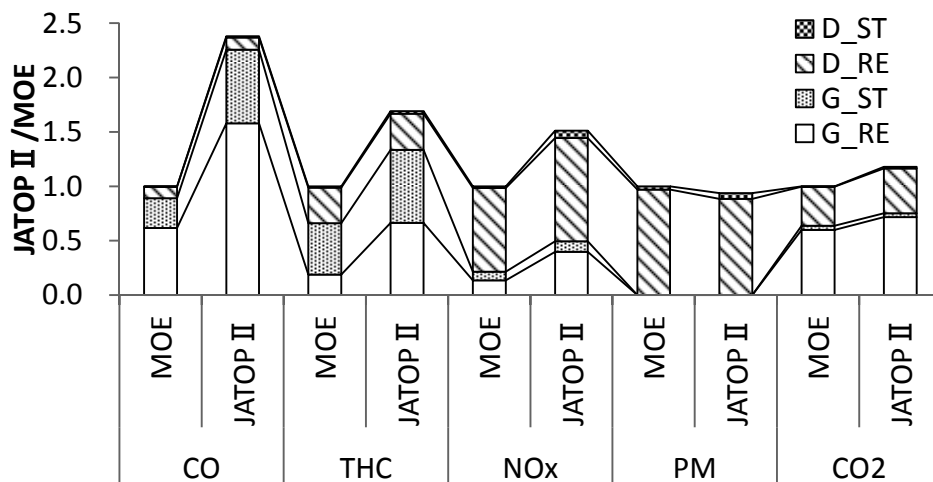


図 10 環境省 (MOE) と JATOP II との排出量推計値の比較

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

2.2.2 自動車の走行量についての課題

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データは、国土交通省が実施してきた自動車輸送統計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。以下にこれまでの検討で明らかになった主な課題を示す。

(1) 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、自動車輸送統計に記載されていた走行量（走行キロ）が、自動車燃料消費量統計に移行された。

自動車燃料消費調査統計は、自動車輸送統計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、接続係数が提示されているが、その後についての取り扱いについては、接続係数を使用すべきかどうかを含めて、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）になるなど、改善された点もある。その一方で、台数の少ない車種が一つにまとめられるなど、情報が減少した項目も存在する。

(2) 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年調査では4車種（乗用車、小型貨物車、バス、大型貨物車）、平成22年調査では、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と考えられる。

(3) 地域別走行量の配分について

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

統計又は自動車燃料消費量統計から道路交通センサスの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。特に、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と推察されることから、特定の地域の排出量を過大又は過小評価している可能性がある。

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。今後、排出量推計 WG での検討を通して、合理的な推計手法を提案していく予定である。

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、
- 6) JPEC-2011AQ-06、JATOP 技術報告書「大気改善研究 自動車排出量推計」、平成 24 年 3 月、石油エネルギー技術センター
- 7) 第 54 回大気環境学会年会講演要旨集、3G0900、平成 25 年 9 月

【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、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。2014 年 11 月～12 月の測定で得られたデータを解析したところ、粒径 20-30nm のナノ粒子の個数濃度は、朝方 7 時台に濃度が高く、NO_x 濃度との相関係数が高いことから、ディーゼル排気の影響と推察された。個数濃度は、PM_{2.5} 濃度の低い期間でも高濃度が観測されることがあり、両者の挙動は異なることが分かった。

さらに、道路沿道及びその後背地における自動車排気の寄与を推定するため、2015 年 1 月 19 日～23 日の期間に分析用試料採取を実施した。分析用試料としては、PM_{2.5} に加えて、多段インパクターを用いて粒径別の試料を採取した。採取した試料を秤量したところ、道路沿道では、後背地に比べ、粒径区分により異なるが、大気中濃度が 1.3～5.5 倍と高くなっていることが分かった。特に、PM_{2.5} よりもナノ粒子の領域で差異が大きいことが分かった。今後、自動車排気の寄与解析に供するため、これらの試料の成分分析を行う予定である。

自動車からの PM_{2.5} 排出量推計については、ガソリン車からの PM 排出量を推計するため、国内外におけるガソリン車からの PM 排出係数を調査、収集した。その結果、ガソリン車からの PM 排出は、年式や燃焼方式の影響が大きいことが明らかになった。特に、今後、燃費向上策として普及が進むと考えられる直噴ガソリン車は、従来車よりも多く PM を排出することから、直噴ガソリン車を考慮した排出係数の設定を行う必要があることが示唆された。

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、今後の排出量推計への要求を見据えて、排出量推計の課題を把握した。その結果、環境条件や触媒の劣化による排出量増加などの各種排出補正方法に加えて、時間や空間の分解能の相違なども、推計結果に影響を及ぼしていることが推察された。

さらに、自動車の走行量については、詳細な検討を行い、統計資料の変更に伴う継続性、車種別走行量の配分、地域別走行量の配分などにおいて、課題があることが明らかになった。

今後、残された課題について、自動車排出量推計手法検討 WG での検討を行うとともに、対応策についても検討し、合理的な推計手法を提案していく予定である。