

4 自動車排出ガスに関する研究

はじめに

発生源寄与解析の結果から、PM_{2.5}及び光化学オキシダント双方で自動車の発生源寄与割合が大きいことが示唆された。本検討会における今後の対策の方向性では、自動車排出ガス規制の実施等による削減効果を車両代替等で着実に進めていくとともに、走行時にNO_xを排出しない電気自動車（EV）や燃料電池車（FCV）などの普及を進めていくことが効果的であると示された。自動車から排出されるNO_x、VOC等の大気汚染物質排出量は、新車に対する自動車排出ガス規制の効果により今後減少が見込まれるものの、実際に走行している使用過程車においても規制の効果が表れていることを検証する必要がある。

東京都環境科学研究所では、シャシダイナモメータを用いた使用過程車からの汚染物質の排出量を計測することで、自動車による排出ガスの環境への影響を評価している。本章では、東京都環境科学研究所におけるシャシダイナモメータを用いた自動車排出ガスに関する調査研究状況について取りまとめた。

4.1 背景と目的

大気中に排出される粒子状物質（PM）やNO_x、VOC等の大気汚染物質の排出源として、自動車は依然として大きな割合を占めている。自動車排出ガスの規制は昭和40年代から順次強化され、最新規制は規制開始当初の数十分の一の濃度での規制になっている。しかし、規制が導入されても最新規制車への買い替えが進むまでは旧規制車が多く走行しており、実際に大気環境に影響を与えているのは旧規制車、最新規制車が混在して都内を走行している使用過程車になる。

東京都環境科学研究所では、自動車排出ガスの環境への影響を評価するため、大型及び小型シャシダイナモメータを用いて使用過程車の排出ガス試験を行い（図4-1）、データを蓄積してきた。シャシダイナモメータは、ローラーの上に測定対象車を設置して一定の走行モードで走らせ、排出されるガスや粒子の採取・分析を行う設備である。国内の自治体では東京都のみが運用しており、車両総重量3.5～25tに対応した大型シャシダイナモメータは排出ガス性状の認証を出せる公的機関は国内でも3カ所しかなく、そのうち、環境行政部門が設置し、排出ガスの環境への影響評価を主たる目的とした施設は国内唯一と考えられる。

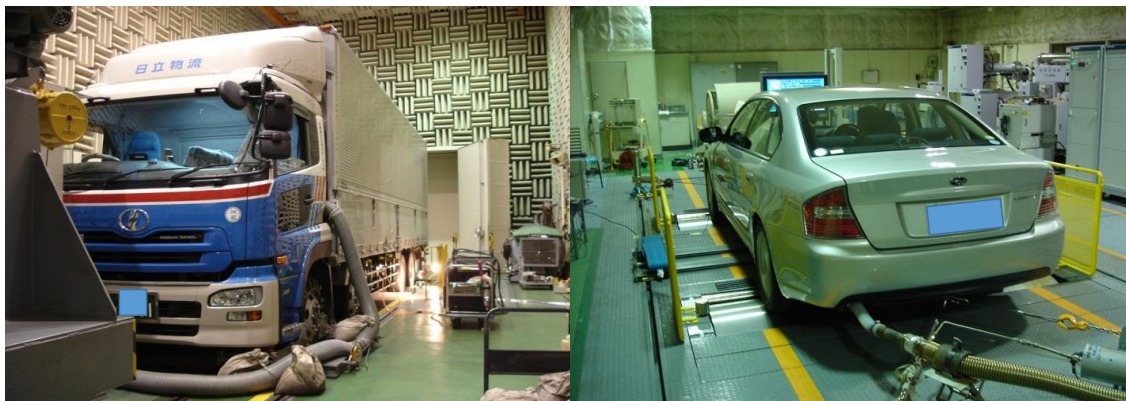


図 4-1 シャシダイナモメータによる排出ガス測定（左：大型、右：小型）

研究所で実施する排出ガス測定のための①都内使用過程車からの汚染物質排出量の算出（排出係数の算出）、②最新規制車の規制効果の評価、③未規制物質（VOC、 N_2O 、ナノ粒子個数濃度等）の排出量測定、④排出ガス処理装置の性能評価が挙げられる。このうち、①及び③の VOC 排出量測定について記載する。

4.2 方法

4.2.1 シャンダイナモメータによる排出ガス測定方法

図 4-2 にシャンダイナモメータの概略図を示す。シャンダイナモメータではローラーの上で測定対象車を走行させ、排出されたガスを外気で希釈しながら分析計に取り込み、 NO_x 、 CO 、 HC 等の汚染物質の計測を行う。また、 PM はフィルターで採取して排出濃度の測定を行う。ローラー上では排出ガス規制適合を評価するために国が定めた走行モードでの走行のほか、東京都内の走行実態に合わせた東京都実走行パターンによる走行や定常モードと呼ばれる定速での走行を行った。得られたデータは、仕事量当たりの排出量 (g / kWh) や走行 km 当たりの排出量 (g / km) に換算して評価する。

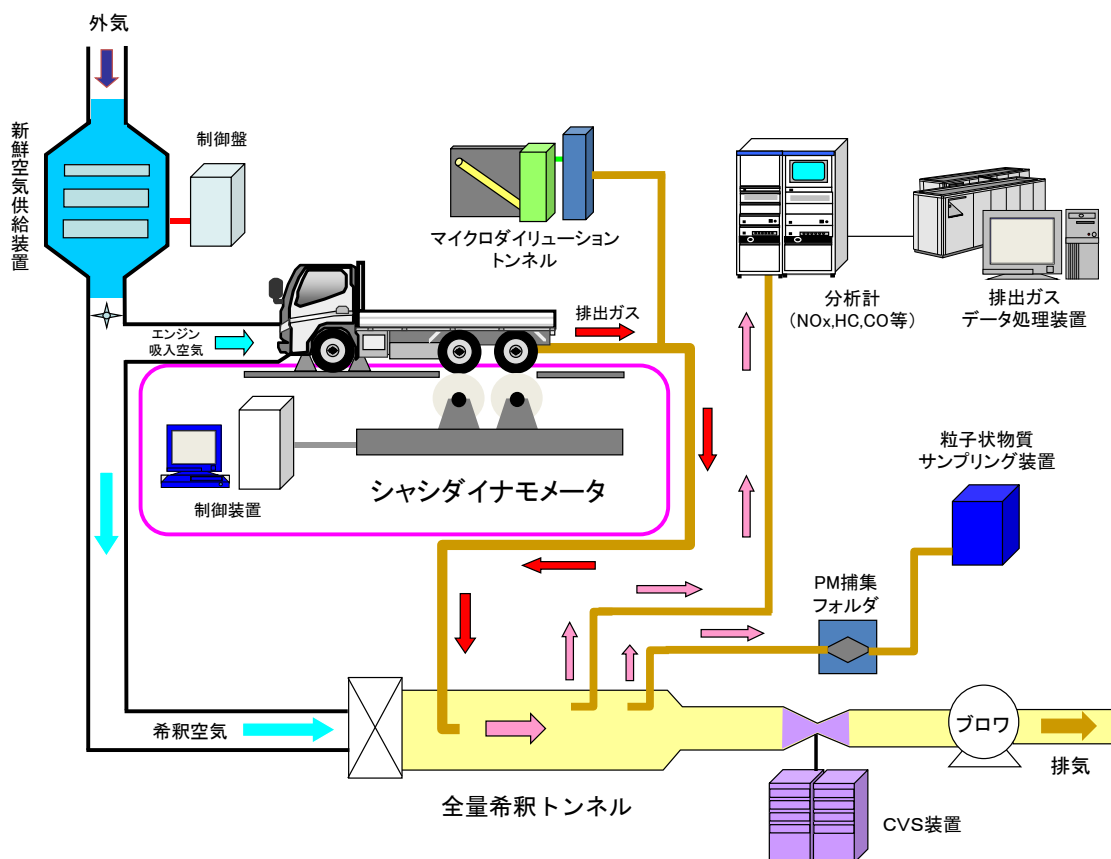


図 4-2 シャンダイナモメータの概略図

4.2.2 排出ガス中の VOC 類の測定方法

排出ガス中の炭化水素成分の測定は以下のように行った。各々の走行モードで走行した際の希釈排出ガスと希釈空気を捕集バッグに回収した後、それぞれを不活性コーティングした 1L キャニスター内にサンプリングし、冷却濃縮後、GC-FID/MS で測定し 59 種を定量した。また、排出ガス中のアルデヒド類の測定は、希釈排出ガス及び希釈空気をアルデヒド捕集用の DNPH 含浸カートリッジに採取した後、アセトニトリルで抽出し、LC/MS で定量した。

4.3 結果及び考察

4.3.1 使用過程車からの NOx 及び粒子状物質 (PM) の排出量

平成 27～29 年度の間に延べ 17 台の大型の使用過程車 (平成 21 年度規制車) の測定を行った。このうち延べ 6 台については同一車両を経年的に測定する継続調査車両であった (表 4-1)。

表 4-1 調査車両概要

平成27～29年度 調査車両(平成21年度規制適合車)				
車両総重量		8 t以下	12 t超	備考
NOx後処理装置	尿素SCR	1	10	12 t超のうち6台は、平成26年度からの継続調査車両
	HC-SCR	3	0	うち1台は、HV車
	無し	3	0	うち1台は、HV車

測定結果のうち PM 排出量を図 4-3 に示す。ここでは継続調査車両を除いた 11 台の大型車の法定モードによる排出量を示している。図中の赤線の高さが PM 排出量認証基準値を示し、赤線の長さは中央環境審議会第三次答申「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」(平成 10 年 12 月) で示された基準維持の耐久走行距離の目標値になる。ただし、認証基準は新型車両においてエンジンダイナモメータによる測定で評価することとなり、研究所のシャシダイナモメータによる測定もこれに準じているものの、厳密には基準値の評価方法と異なることに注意が必要である。図に示されたように PM については全ての測定車両で認証基準値を下回る結果となり、使用過程車においても PM 排出量については認証基準を満足する性能が維持されていると考えられる。

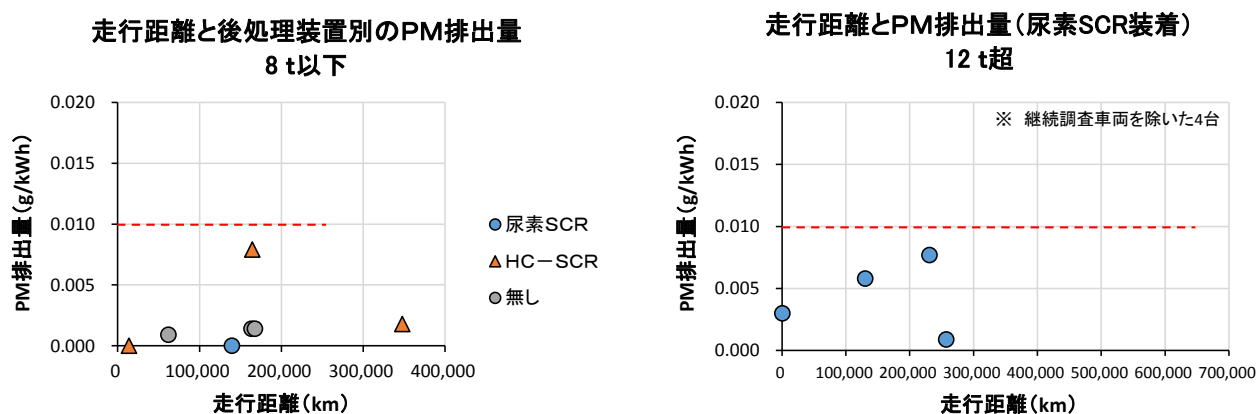


図 4-3 法定モードによる使用過程車からの PM 排出量測定結果

同様に測定した NOx の排出量測定結果を図 4-4 に示した。NOx については PM と異なり、耐久走行距離内であっても、使用過程車ではほとんどの車両で認証基準値を超過する排出量となった。NOx の測定においても法定の基準値評価方法はエンジンダイナモメータによる測定となっているが、同じくシャシダイナモメータで測定した PM の排出量とは明らかに傾向が異なり、新車に比べ使用過程車では排出量が多くなっていることが伺える。

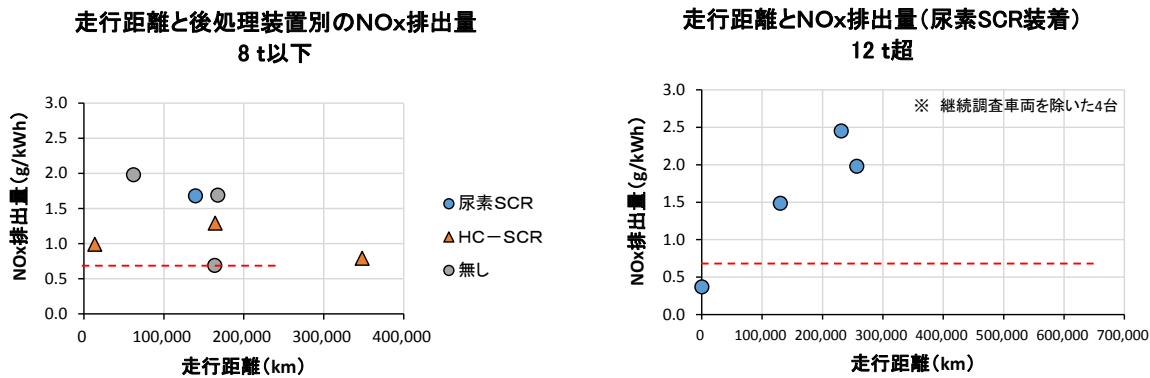


図 4-4 法定モードによる使用過程車からの NOx 排出量測定結果

図 4-5 に同一車両を継続的に調査した際の走行距離による排出量変化を示す。調査は平成 26 年度から継続しており、2 つの車両の 4 年間の変化を示している。NOx についてみると認証基準値は超えているものの、平成 29 年度の計測までは経年的な NOx の排出量増加はみられず、この間の走行距離増による後処理装置等の性能劣化はみられていない。一方、PM 排出量については車両 1 では低レベルで推移しているものの、車両 2 は平成 28 年度から急激に排出量が上がっている。原因は明らかになっていないが、車両によってはこのような現象がみられることから、今後とも排出量の経年変化を注視していきたい。

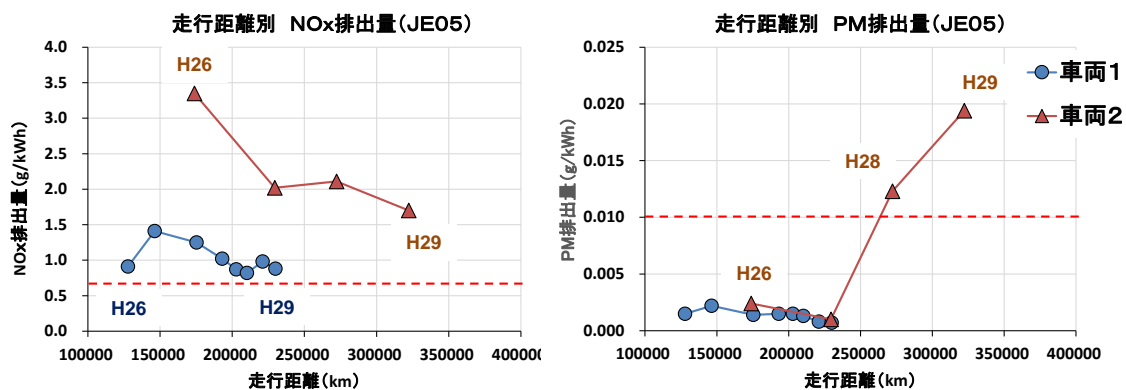


図 4-5 継続調査車両からの NOx 及び PM 排出量測定結果

図 4-6 に東京都実走行パターンによる継続調査車両からの NOx 排出量の変化を示す。法定モードと同じく、東京都実走行パターンにおいても NOx 排出量（排出係数）の増加はみられなかった。東京都実走行パターンはパターン No.1 から No.10 までは番号順に試験時の平均車速が早くなり、No.12 は渋滞していない高速道路を模したパターンで最も平均車速が早い。図では大型使用過程車では平均車速が早くなるほど排出係数が小さくなっていることも示されている。

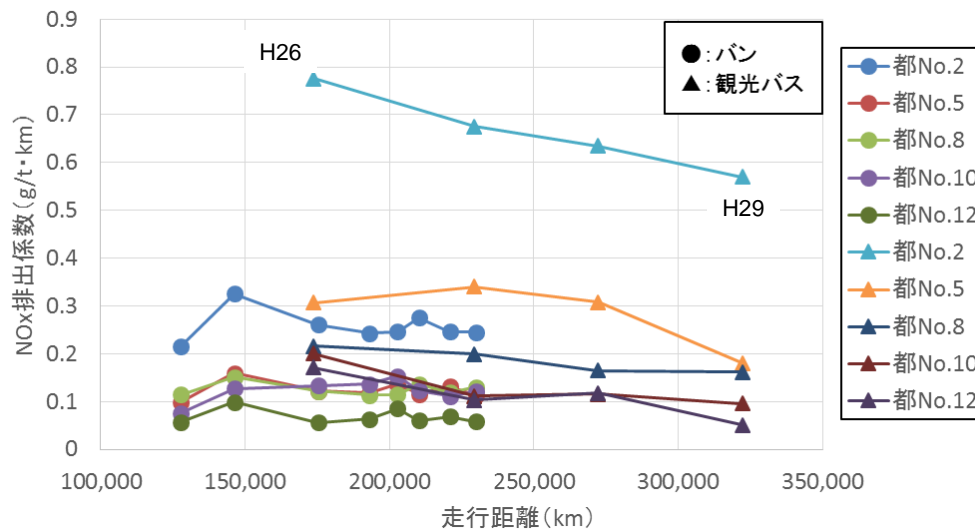


図 4-6 東京都実走行パターンによる継続調査車両からの NOx 排出量測定結果

4.3.2 使用過程車からの VOC（炭化水素、アルデヒド）の排出量

図 4-7 に使用過程車（小型車）からの VOC 排出量測定結果を示す。ここではこれまでに測定した 31 台の車両のデータを整理した。VOC 成分としては炭化水素 59 成分、アルデヒド 16 成分を測定しているが、図ではアルカン、アルケン等の成分群ごとにまとめて示した。また、車両暖機せずに測定を開始するコールドスタートでの測定値と車両暖機した後に測定を開始するホットスタートの測定値を示した。図から明らかなように、コールドスタートではホットスタートに比べ排出が著しく多くなっている。成分組成をみると、DI-p（プレミアムガソリンの直噴）車では芳香族の割合が高くなっており、DE（ディーゼル）車ではアルデヒドの割合が高い結果となった。車両暖機を行うホットスタートでは DE 車の排出量が多く、DE 車についてはコールドスタートとホットスタートの差が少なく、ほぼ同程度の排出量となっている。

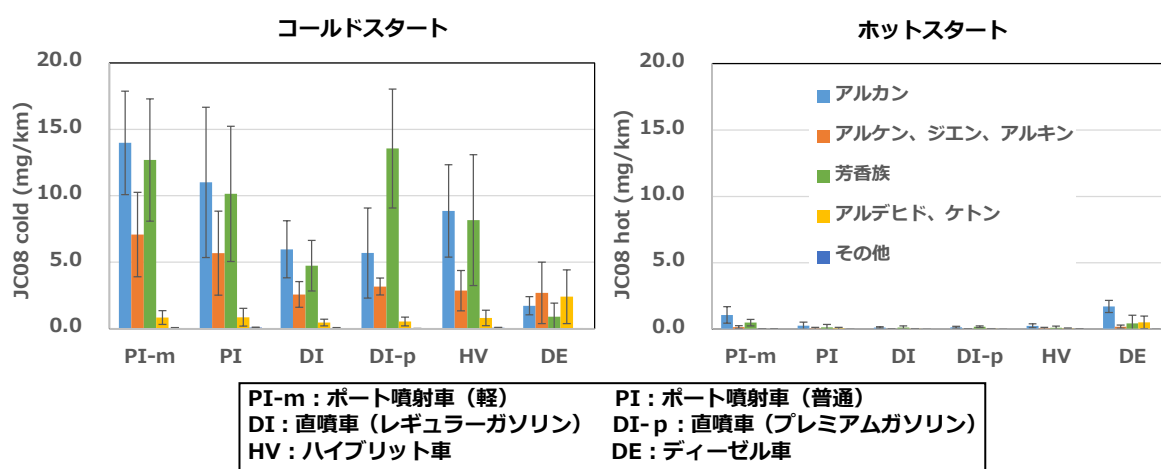


図 4-7 法定モードによる使用過程車（小型車）からの VOC 排出量測定結果

図 4-8 に法定モード走行のコールドスタートとホットスタートの小型車からの VOC 排出量の関係を VOC の最大オゾン生成推計値 (OFP) で示した。OFP は各 VOC 排出量に最大オゾン生成能 (MIR 値) を乗じて算出した。両者の関係は車種によって異なり、ポート噴射ではコールドスタート時の排出量が多く、そのうち軽ではホットスタートでもやや高い値となっている。成分ではアルケンや芳香族炭化水素の寄与が大きい結果となった。ディーゼル車ではコールドスタートの排出量はほかの車種に比べ低く、ホットスタートで比較的高い排出となっている。成分別にはアルカンやアルデヒドの寄与が大きくなり、車種によって排出特性が異なる結果となった。

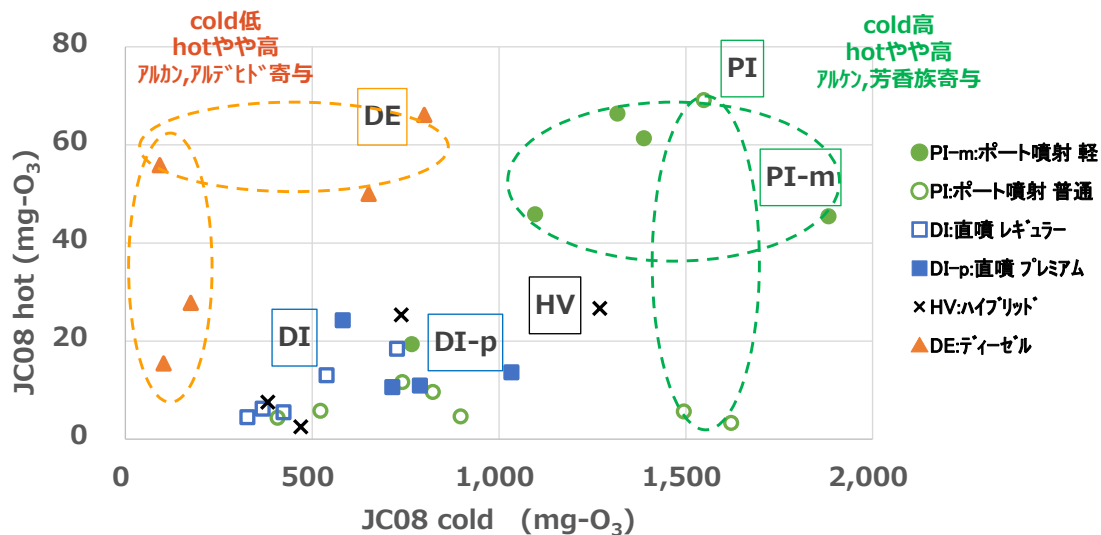


図 4-8 法定モード走行時の最大オゾン生成推計値 (OFP)

図 4-9 に使用過程車（大型車）からの VOC 排出量測定結果を示した。ここではこれまでに測定した 22 台の車両のデータを示した。図の車量 ID の下に排ガス後処理装置の種類も付記した。大型車についてもホットスタートに比べコールドスタート時に多くの VOC を排出する結果となった。大型車の場合はコールドスタートではアルケン、アルデヒドが多く排出されているが、これらの成分は OFP が高く、オゾン生成への寄与が大きいと考えられる。

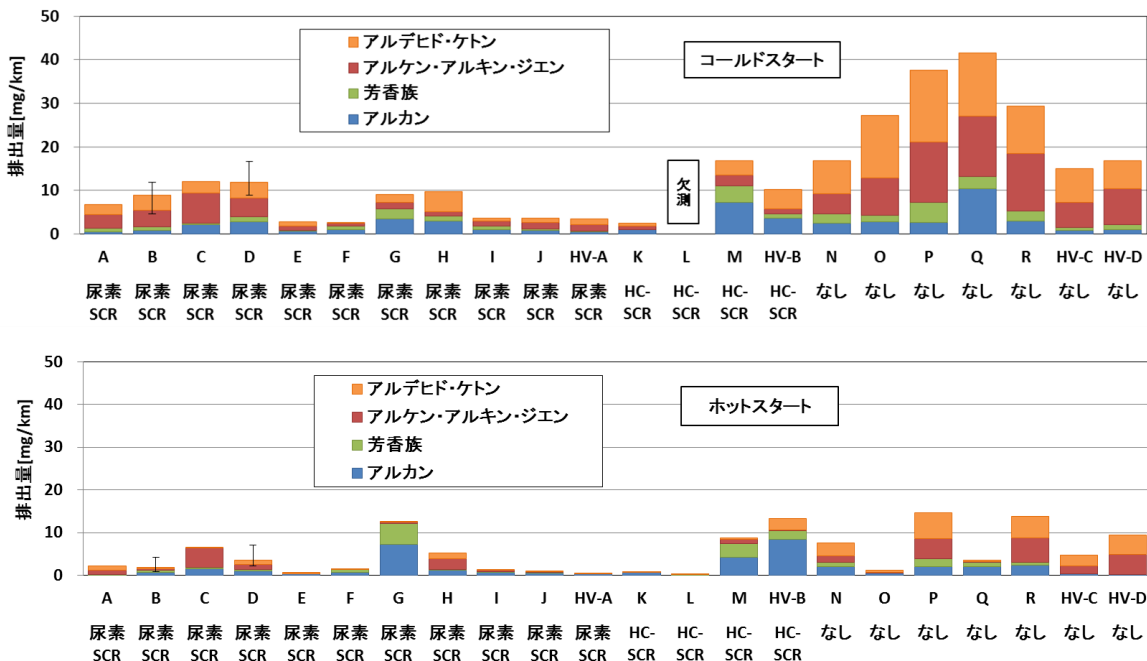


図 4-9 法定モードによる使用過程車（大型車）からの VOC 排出量測定結果

小型車、大型車ともに VOC はコールドスタート時に多く排出されており、エンジン始動直後から排ガス温度や処理装置の触媒温度を上げるなど発進時の対策を検討することによって、使用過程車からの VOC 排出を低減できる可能性があると思われる。

4.4 今後の課題

東京都環境科学研究所では、これまでシャシダイナモメータを用いて多くの排出ガス測定データを蓄積してきた。これまで述べたように最新規制の使用過程車でも、大型車のNO_xの排出量測定値が多くの場合で認証基準値を上回っていることや、大型車、小型車ともにコールドスタート時のVOC排出が多く、大型車ではオゾン生成に影響する成分が特に多く排出されていることが分かった。

NO_x、VOCは大気環境中に排出されると、PM_{2.5}及び光化学オキシダントの原因物質となる。NO_xは先に述べたように秋季～冬季の硝酸塩の増加の原因物質と考えられることや、自動車からのVOCも都内VOCインベントリの中で主要な発生源となっていることから、自動車は対策の優先順位の高い発生源といえる。

PM_{2.5}及び光化学オキシダント対策を進める上で、今後もシャシダイナモメータを用いた試験や平成30年度より本格的に使用を開始した車載式排出ガス測定システム（Portable Emission Measurement System : PEMS）を用いた路上での試験による使用過程車の排出実態の把握、自動車排出ガス対策の効果検証等は貴重なデータとなってくると思われる。さらに中長期的には、エネルギー使用量（燃費）、温暖化物質の排出実態の把握等にシャシダイナモメータを活用することによって、自動車が環境に与える影響の総合的な評価を進めていく必要があると考える。