

暖機条件を変化させた大型使用過程車からの VOC 排出量について

舟久保千景・岡田めぐみ・陸田雅彦*・山崎 実・佐藤友規・柳井孝一・矢波 清・我部正志

(*現所属：環境局資源循環推進部)

【要約】走行前の暖機の条件を変化させて、都内の平均的な速度を模したモードを走行した際の、温度による VOC 排出係数の差異を調査した。より低温の条件では通常の条件より排出係数が高くなり、渋滞の直後には通常の状態と比較して排出係数が高くなることが示唆された。

【キーワード】大型使用過程車、暖機条件、VOC 排出量、シャシダイナモメータ

【目的】

東京都環境科学研究所では大型使用過程車からの VOC 排出量を計測しており、低速で走行するほど距離当たりの排出量が多くなることを明らかにしてきた¹⁾。シャシダイナモメータによる排出ガス計測では、様々な走行モードによる試験を行っているが、各モードの試験前には一定の条件における車両暖機走行を行い、その後各モードによる計測を実施している。しかし、都市においては、道路状況により速度の変化が大きいため、実際の運行においては、スムーズに走行し、エンジンや排出ガス後処理装置である触媒の温度が充分高い場面のほかに、渋滞などの影響で温度が低下した場面が存在する。そこで、低速あるいは高速走行など、様々な条件における暖機走行後に都内の平均的な速度を模したモードを走行し、暖機後の温度によって同一走行モードにおける VOC の排出量および組成にどのような変化があるか、調査を行った。

【方法】

当研究所の大型シャシダイナモメータおよび大型車用排出ガス計測システムを用いて、東京都実走行パターン（都モード）No.5 で走行した際の、車両の暖機条件の違いによる VOC 排出量を比較する、調査1と調査2を行った。調査は表1に示したディーゼル重量車5台について行った。排出ガスは、分流希釈システムを用い、希釈排出ガス中の98成分のVOCをGC-MSおよびLC-MSを用いて分析した。また、触媒の温度は直接の計測が困難であるため、排気管端部の排出ガス温度を測定し、排出ガス温度とVOC排出量の関係を調べた。

表1 調査車両の諸元

車 両	A車		B車		C車		D車	E車
	調査1	調査2	調査1	調査2	調査1	調査2	調査2	調査2
型 式	2PG		2PG		2PG		2RG	QPG
排出ガス規制区分	平成28年規制		平成28年規制		平成28年規制		平成28年規制	平成21年規制
排 気 量 (L)	約11		約10		約11		約11	約13
車両総重量 (kg)	24,990		24,940		24,960		24,920	15,905
初年登録年月	令和2年1月		平成29年12月		令和3年10月		令和5年4月	平成24年4月
搬入時走行距離 (km)	173,729		334,645	383,708	72,410	128,841	11,425	479,613
NOx後処理装置	尿素SCR		尿素SCR		尿素SCR		尿素SCR	尿素SCR

B車とC車は調査1、調査2の両方を行った

<調査1：2022年度実施>ディーゼル重量車3台（A車、B車、C車）で実施。

通常の計測では、定速60km/hで15分間車両暖機を行った直後に都モードでの計測を行っているが、調査1では、暖機として都モードNo.2（平均車速8.4km/h）、No.5（平均車速18.0km/h）、No.10（平均車速44.4km/h）を走行した（走行のみ、計測なし）。その後、それぞれ都モードNo.5を走行して計測を行い（表2の試験条件①～③）、通常通り定速60km/hで暖機して計測した都モードNo.5（表2の④）を含めて比較を行った。条件①～③の暖機前は、定速60km/hで15分間走行した後2時間ソーク（エンジンを停止した状態で放置）し、温度を揃え

た。

＜調査2（2023年度実施）＞ディーゼル重量車4台（B車、C車、D車、E車）で実施。

調査2では、定速20km/h、40km/h、60km/h、80km/hで20分間走行した後、それぞれ都モードNo.5を走行して計測を行い（表2の試験条件⑤～⑧）、前日に走行してから一晩ソークした後に走行したNo.5_cold（表2の試験条件⑨）を含めて比較を行った。

表2 調査1、2の試験条件

調査	調査車両	暖機	計測	試験条件名
調査1	A,B,C	都モードNo.2（平均車速8.4km/h）	都モードNo.5	A,B,C-①
		都モードNo.5（平均車速18.0km/h）	都モードNo.5	A,B,C-②
		都モードNo.10（平均車速44.4km/h）	都モードNo.5	A,B,C-③
		定速60km/h 15min	都モードNo.5	A,B,C-④
調査2	B,C,D,E	定速20km/h 20min	都モードNo.5	B,C,D,E-⑤
		定速40km/h 20min	都モードNo.5	B,C,D,E-⑥
		定速60km/h 20min	都モードNo.5	B,C,D,E-⑦
		定速80km/h 20min	都モードNo.5	B,C,D,E-⑧
		無し	都モードNo.5_cold	B,C,D,E-⑨

【結果の概要】

(1) 調査1の結果について

A車における試験条件①～③のNo.5走行時の排出ガス温度の推移を図1に、THC濃度の推移を図2に示す。排出ガス温度は、A-①が最も低く、早い車速で暖機したときほど試験前半の排出ガス温度が高くなった。B車、C車でも同様の傾向となった。THC濃度は、計測開始約200秒までA-①がやや高めだが、徐々にA-①～③の濃度がほぼ同程度になった。図3に試験条件①～④の排出ガス平均温度とVOC排出係数の関係を示す。傾向は以下の3パターンに分かれ、それぞれの代表的な成分であるエタン、1-ブタノール、エチレンの図を示した。1)エタンは、温度によらず、車両ごとにほぼ一定の排出係数となった。炭素数4以下のアルカンとトルエンも同様の傾向であった。2)A車およびC車の1-ブタノールは、温度が高くなるほど排出係数が大きくなった。B車のイソプロピルアルコールも同様であった。3)検出された成分のうち上記2項目以外のほとんどは、図に示したエチレンのように、温度が高くなるほど排出係数が小さくなった。そのため、温度が高い時に1-ブタノールの排出係数が大きかったC車を除いて、排出ガス平均温度が高くなるほど、測定した全成分のVOC排出係数の合計値は小さくなった（図4）。また、通常通り定速60km/hで暖機して計測した都モードNo.5（試験条件④）の排出ガス平均温度は、いずれの車両も、試験条件②の計測値とほぼ同程度となり、VOC排出係数もほぼ同程度であった。次に、図3に示した3成分の排出係数の、測定した全成分に対する寄与率を算出したところ（図5）、温度によって組成が変化することがわかった。

これらの排出係数の変化は、エンジンの稼働状況により温度が変化すると、排出される物質が変化し、また、各々の成分の触媒による除去効率が温度により異なることによると考えられる。特に、低温になった際に排出係数が大きくなった物質が多かったことから、渋滞後速度が回復しても、しばらくは排出係数が通常より大きい状態が続くことが示唆された。

(2) 調査2の結果について

各車両の排出ガス平均温度は、試験条件⑤が最も低く、暖機の色度が高くなったときほど高くなった。図6に

排出ガス平均温度と VOC 排出係数の関係を示す。傾向は以下の 2 パターンに分かれた。1) エタンは、温度によらず、車両ごとにほぼ一定の排出係数となった。炭素数 4 以下のアルカンも同様の傾向であった。2) 検出された成分のうち 1) 以外のほとんどは、図に示したエチレン及びホルムアルデヒドのように、温度が高くなるほど排出係数が小さくなった。そのため、調査 1 と同様に、排出ガス平均温度が高くなるほど、測定した全成分の VOC 排出係数の合計値は小さくなった (図 7 に B 車の排出ガス平均温度と VOC 排出係数を例示)。調査 2 では、温度が高くなるほど排出係数が高くなる成分はなかった。

同一車両で調査 1 と調査 2 を行った B 車と C 車の、排出ガス平均温度とエタン、エチレン、ホルムアルデヒドの排出係数の関係を比較すると、特に低温部分において、調査 2 のエチレン及びホルムアルデヒドの排出係数が高くなった (図 8)。ほかの多くの成分でも同様の傾向であった。調査 2 における定速暖機後の No. 5 (試験条件⑤~⑧) と No. 5_cold (試験条件⑨) の比較を行った。B 車の No. 5_cold を含めた排出ガス温度の推移と THC 濃度の推移を図 9 及び図 10 に示す。また、全車両の No. 5_cold を含めた排出ガス平均温度と VOC 排出係数の関係を図 11 に示す。図 10 において、THC 濃度は、20km/h で暖機した B-⑤では、排出ガス温度がより低い No. 5_cold (B-⑨) と比較して、特に前半で高く推移した。図 11 において、炭素数 5 以上のアルカンでは、試験条件⑨の cold 時の排出係数より試験条件⑤の排出係数が高くなった。D 車以外のホルムアルデヒドの排出係数も同様の傾向となった。これは、20km/h で暖機している間に、配管や触媒に炭化水素が吸着し、それがモード走行に入り、温度が上昇するのに伴い排出されたことや、吸着した炭化水素の反応によると考えられた。調査 2 では、暖機時に定速で走行した際の吸着の影響を受けている可能性があり、より実際の走行に近い調査 1 の方が実際の VOC 排出の傾向に近いと考えられた。

【参考】

- 1) 東京都環境科学研究所年報、pp28-29(2017)

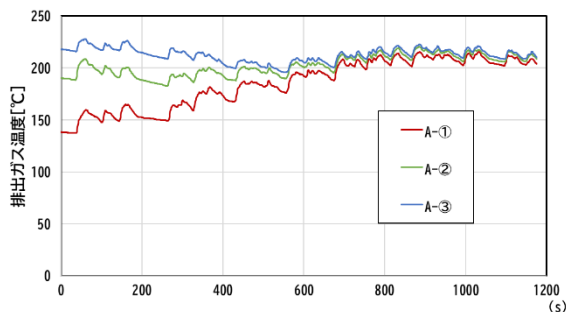


図 1 排出ガス温度の推移 (A 車)

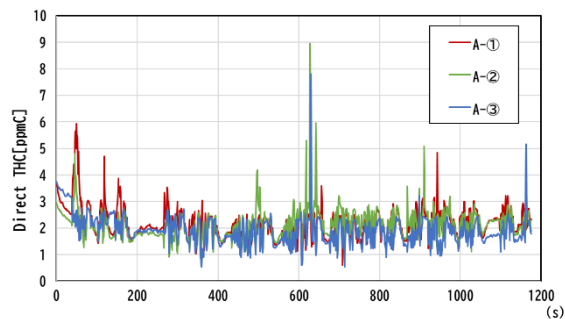


図 2 THC 濃度の推移 (A 車)

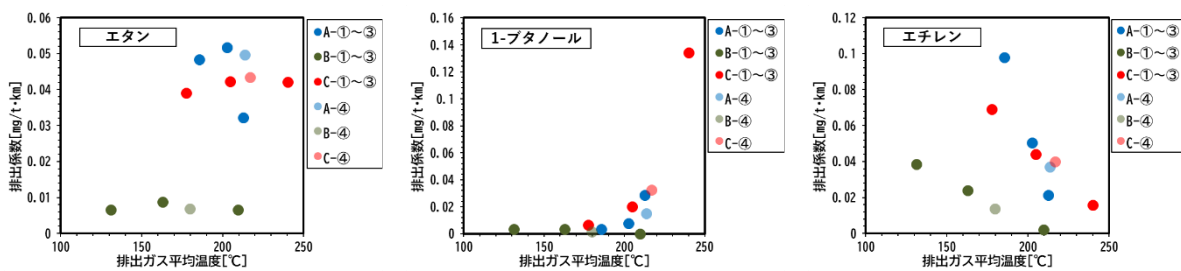


図 3 排出ガス平均温度と VOC 排出係数

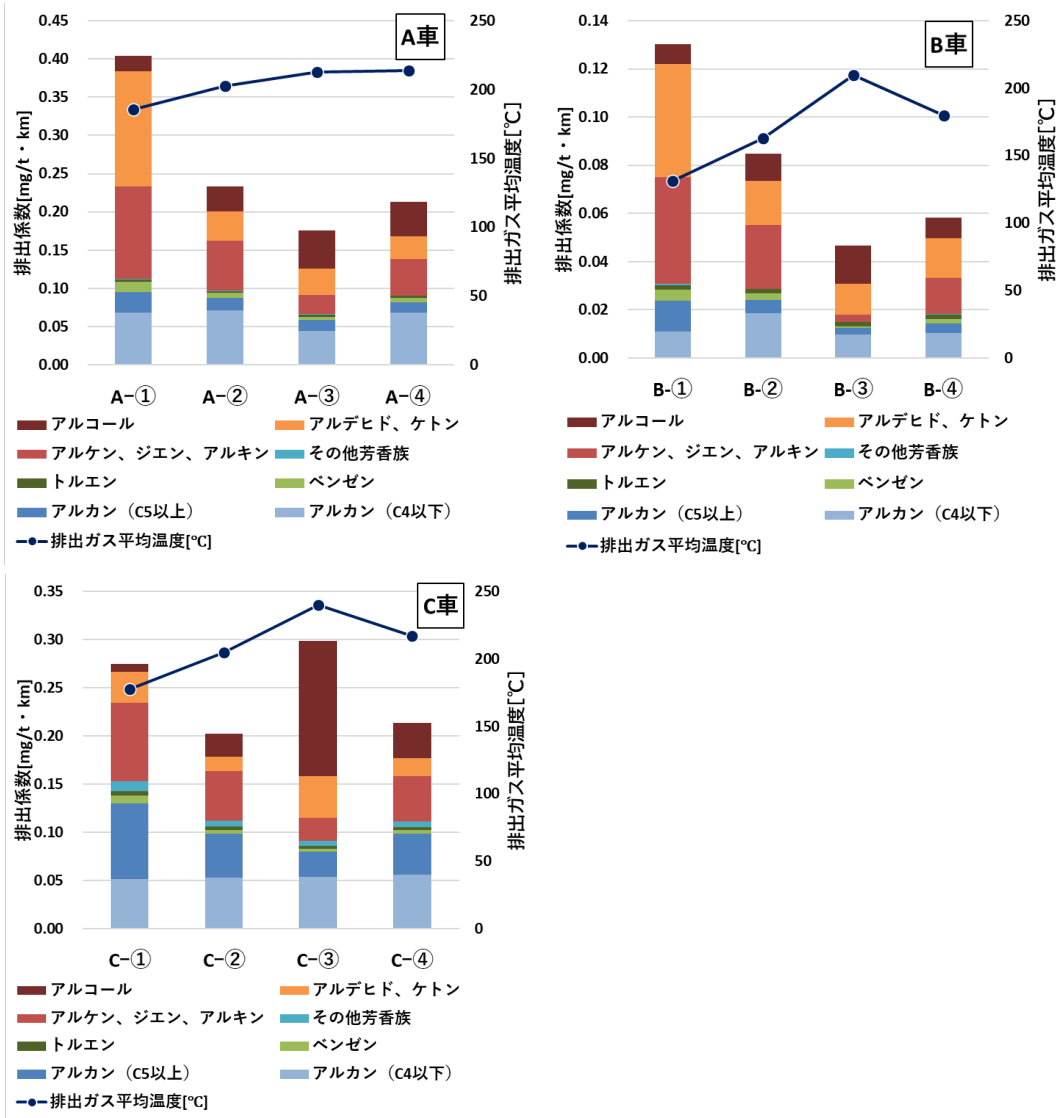


図4 排出ガス平均温度とVOC排出係数

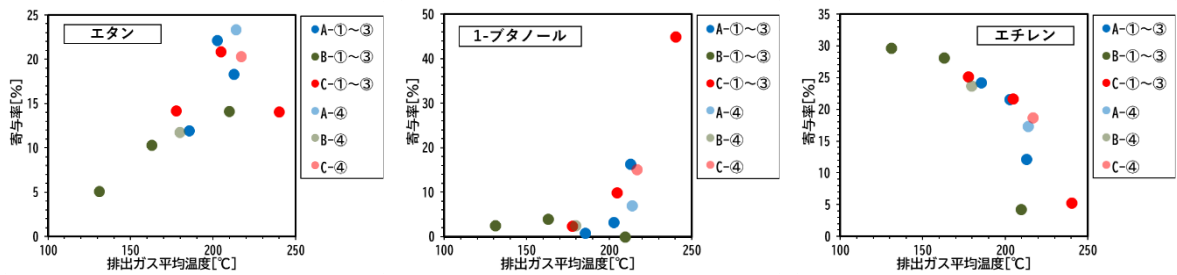


図5 排出ガス平均温度と排出係数の全成分に対する寄与率

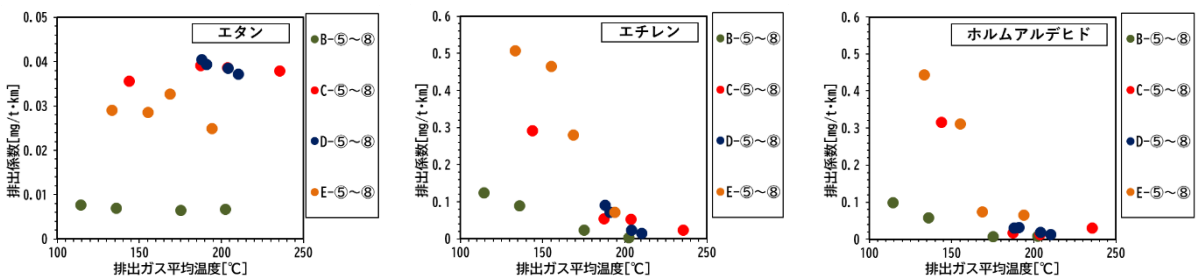


図6 排出ガス平均温度とVOC排出係数

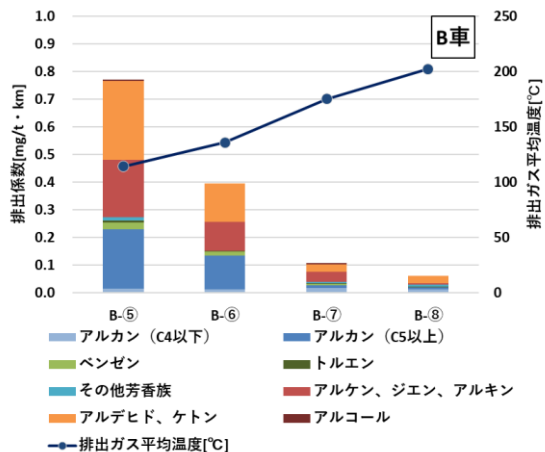


図7 B車の排出ガス平均温度とVOC排出係数

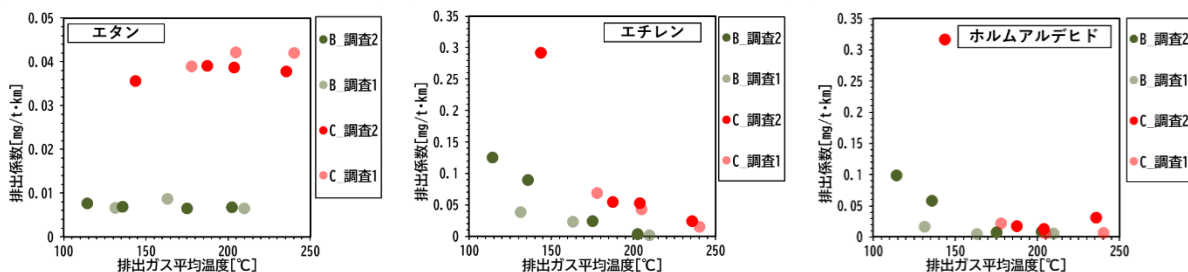


図8 調査1と調査2の比較 (B車及びC車)

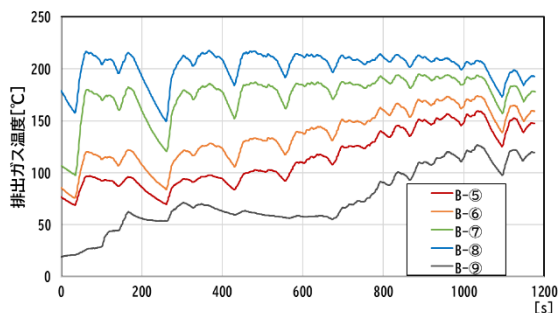


図9 排出ガス温度の推移 (B車)

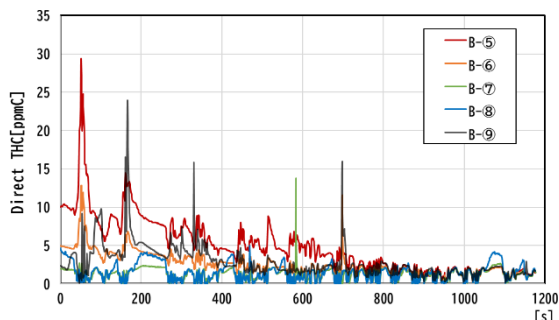


図10 THC濃度の推移 (B車)

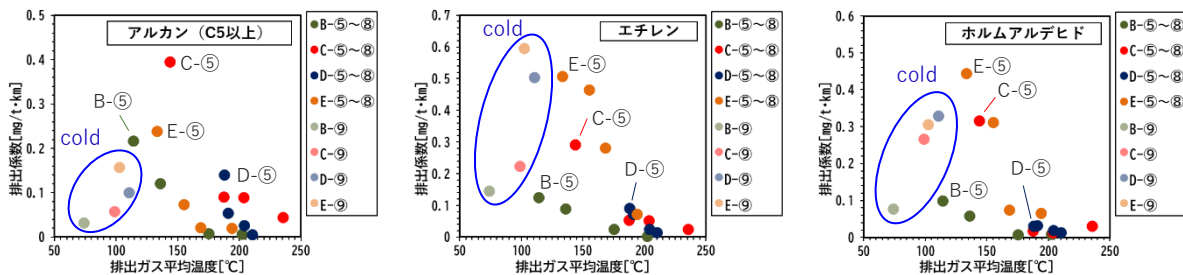


図11 排出ガス平均温度とVOC排出係数 (No. 5_cold含む)

炭素数 5 以上のアルカンは、20km/h で走行した後 No. 5 を走行したケースでは、それぞれの車両の No. 5_cold よりも排出係数が高くなった。ホルムアルデヒドも D 車以外で同様の傾向を示した。エチレンは、温度が低いほど排出係数が高くなった。