

〔報告〕

最新規制適合車両（大型ディーゼル車）からの

VOCs 成分の排出実態

酒井 裕香* 木下 輝昭 小谷野 眞司 岡村 整 横田 久司
 (*現・成蹊大学)

1. はじめに

近年、自動車から排出される大気汚染物質は、排出ガス低減技術の進展等により大幅に減少しつつある。特にガソリン乗用車は、電子制御燃料噴射方式による三元触媒システムの採用により、排出ガス中の規制物質である NO_x、CO、HC ともに大幅に低減した。また、ディーゼル車に関しても、現在では世界でもトップクラスの排出ガス規制が実施されている¹⁾。しかし、ガソリン乗用車と比較すると NO_x や VOCs を含む非メタン炭化水素類の排出量が多い傾向にある。

VOCs は直接的にも有害であるが、光化学オキシダントの原因物質としても注目されており²⁻⁴⁾、当研究所でも、大気中および自動車排出ガス中に含まれる種々の VOCs 成分について、継続的に測定を行っている⁵⁻⁸⁾。

本報告では、最新の排出ガス規制である新長期規制に適合した大型ディーゼル車について、シャシダイナモメータ（以下、C/D という）を用いて行った排出ガス測定結果について、主に VOCs を中心に報告する。

2. 調査方法

1) 調査車両および試験方法

ア. 調査車両

本調査は、新長期規制適合車両 7 台(D-1~D-7) を用いて行った。調査車両の主な諸元を表 1 に示す。

イ. 試験方法

今回調査した 7 台の車両について、C/D 上での実車

走行により排出ガスを測定した。測定に用いた走行パターンは、都内における自動車の走行状態をモデル化した東京都実走行パターン No.1~12 のうち、No.2(平均車速 8.4km/h)、No.5(平均車速 17.9km/h)、No.8(平均車速 28.5km/h)、No.10(平均車速 44.4km/h) の 4 種である。なお、等価慣性重量については、いずれの車両も積載重量を 1/2 積載として設定した。

2) 排出ガスの測定および分析方法

本調査では、全量希釈トンネル（以下、FT という。）またはマイクロダイリュージョントンネル（以下、MdLT という。）にて希釈した排出ガスをサンプリングして測定を行った。また、排出ガス中に含有する VOCs 成分としては、アルデヒド類(8 成分)、アルケン類(9 成分)、芳香族(10 成分)、アルカン類(24 成分)について調査を行った。なお、FT における希釈空気には HEPA フィルターにて浮遊粉じん等を除去した一般大気（外気）を使用し、MdLT での希釈空気には希釈空気清浄装置（SAES Pure Gas 製：CAS150）で、浮遊粉じんのほか、HC、CO、CO₂、H₂、H₂O および NO_x を ppb レベル以下まで除去した空気を用いた。

ア. 採取および測定

アルデヒド類については、試験中に排出される希釈排出ガスを HPLC 用カートリッジ(Waters 製：Sep-Pak)に 1.0L/min で通気することにより採取した。炭化水素類については捕集管(Supelco 製：PEJ-02)により 0.5L/min で通気し採取した。通気時間は各走行

表 1 調査車両の諸元

	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7
車両総重量(kg)	5275	7980	7135	7980	7990	5205	24970
総排気量(cc)	2999	6403	4009	7545	7684	4899	12882
識別番号	BKG	ADG	BDG	PDG	ADG	PDG	BDG
等価慣性重量(kg)	4220	6030	5605	6680	6915	4150	18370
初年度登録	平成19年9月	平成17年12月	平成19年8月	平成19年11月	平成18年8月	平成19年9月	平成19年10月
規制区分	新長期(H17年)	新長期(H17年)	新長期(H17年)	新長期(H17年)	新長期(H17年)	新長期(H17年)	新長期(H17年)
排ガス低減装置等	DPF+EGR	DPF+EGR	DPF+EGR	DPF+EGR	DPF+EGR	DPF+EGR	尿素SCR+EGR
エンジン型式	4JJ1	J07E	N04C	6M60	J08E	4M50	6M70

パターンでの試験時間に従い、No.2 は 14.7 分間、No.5、No.8、No.10 については 19.7 分間の試験中に連続して通気させ採取した。またブランク用として、同様の方法で希釈空気のみについても採取した。

THC および NO_x 濃度の経時変化については、自動車排出ガス分析装置（堀場製作所製：MEXA-7400D）により測定した。

イ. VOCs の分析方法

アルデヒド類は、採取後のカートリッジをアセトニトリル 5mL で抽出した後、高速液体クロマトグラフ（島津製作所製：SPD-M10AVP）を用いて測定した。捕集管により採取した炭化水素類は加熱脱着装置を装備した GC-MS（島津製作所製：QP-5050A）を用い、既報の条件⁵⁾で測定した。

3. 結果および考察

1) 排出ガス中の VOCs 排出原単位

新長期規制に適合した 7 台の大型ディーゼル車両について、東京都実走行パターン No.2、No.5、No.8、No.10 による測定を行い、それぞれの測定値から VOCs の各成分の排出原単位を求めた。

全車両の排出原単位（7 台の平均値）について、走行パターンごとに比較した結果（MdLT による測定結果）を図 1 に示す。No.5 の結果について、トータルの VOCs 排出量を従前の規制である長期規制適合車（9 台の平均値⁶⁾）と比較すると、1/20 程度にまで低減していることが確認された。

走行パターンによる比較結果から、No.2 走行時の排出原単位の値が最も大きく、次いで No.5、No.8、No.10 の順に低下する傾向が見られた。平均速度の上昇に従い排出原単位が小さくなるのは、これまでに報告している車両と同様の傾向である^{6)・8)}。渋滞走行である No.2 において排出原単位が大きいのは、触媒の温度が十分に上がらず触媒活性が高まらないため、排出ガス中の VOCs 成分の低減効果が低くなることが要因の一つと考えられる。

また、過去の報告^{5)・8)}と比較し、アルデヒド類の割合は高まっており、中でもホルムアルデヒドとアセトアルデヒドは含有率が高かった。

2) コールド走行とホット走行における各成分の排出状況の比較

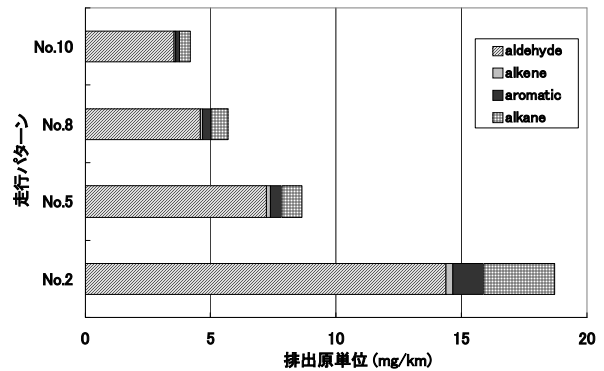


図 1 排出ガス中の VOCs 排出原単位（走行パターン別）

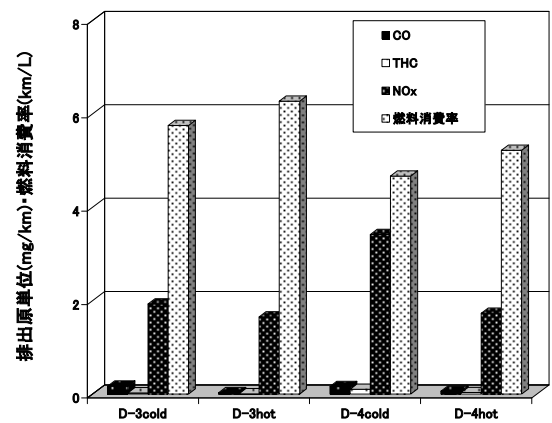


図 2 コールド走行及びホット走行における各成分の排出原単位と燃料消費率

コールド走行とホット走行における各成分の排出原単位について、東京都実走行パターン No.5 の結果を用いて評価した。なお、コールド走行、ホット走行とも FT からの希釈排出ガスによる結果を用いた。

ア. 各成分の排出原単位および燃料消費率

D-3 および D-4 車両を例に、コールドおよびホット走行での THC、NO_x、CO の排出原単位および燃料消費率の結果を図 2 に示す。

THC はコールド走行において、既報⁷⁾の長期規制適合車（酸化触媒装備車両）と比べ、D-4 で約 1/4、D-3 では約 1/15 にまで低減しており、ホット走行においては、D-4 で約 1/8 に、D-3 では約 1/60 にまで低下していた。また、CO についても、長期規制適合車と比較するとコールド走行においては、D-3、D-4 ともに、1/2 程度の低下がみられ、ホット走行では D-4 で約 1/5 に、D-3 では約 1/10 まで減少していた。

コールド走行とホット走行を比較すると、THC の排出原単位は、D-4 でコールドがホットの約 3 倍に、D-3

では約 7 倍であった。CO についても同様の比較を行うと、D-4 で 2.5 倍、D-3 で 6 倍であった。コールドとホットの差は、長期規制適合車と比べて大きい傾向にある。

また、NO_x 排出量については、D-4 車両では、コールド走行時はホット走行時の約 2 倍であり、D-3 車両では同約 1.2 倍であった。車両により違いがあるが、NO_x 排出量についても、コールド走行では大幅に増加する車両がみられた。

燃料消費率に関しては、いずれの車両においてもコールド走行時がホット走行時より 10%程度低下している。これは長期規制車両と同程度であり、コールド走行の場合、始動からエンジンが温まるまでの間の燃焼効率が低いと考えられる。

イ. VOCs 排出原単位の比較

新長期車両 5 台(D3~D7)についてコールド走行とホット走行にて VOCs の測定を行い、求めた排出原単位の平均値を図 3 に示す。

前述したように、VOCs の排出量は長期規制適合車両と比較すると大幅な低減が認められた。しかし、コールドとホット走行を比較すると、VOCs 排出原単位(合計値)は、コールド走行では約 4.5 倍となった。この主な理由として、ホット走行の場合は酸化触媒の活性が上がり VOCs 除去率が高くなるが、コールド走行の場合には触媒温度が低く十分な活性が得られないため、排出ガス中の VOCs が酸化されずに排出されるものと考えられる。

また、コールド走行においても、ホット走行と同様に、アセトアルデヒドおよびホルムアルデヒドの含有率が高く、アルデヒド類全体として 8 割以上を占めていた。ホット走行では非常に低濃度であったアルケン類および芳香族などの不飽和炭化水素類は、コールド走行では高濃度で含有率としても高まっていた。ホット走行では触媒による酸化が進んだ為、これらの濃度が低下したものと考えられる。アルカンについては、コールド走行とホット走行での排出原単位にほとんど差はみられなかった。

ウ. VOCs によるオゾン生成能の評価

コールド走行およびホット走行における各 VOCs 成分の排出原単位に、光化学大気汚染生成能(MIR)を掛けた値を足し合わせるにより、最大オゾン生成能を算出し⁹⁾、本調査で測定した新長期規制適合車両 5

台(D3~D7)の環境影響について評価した。

各車両のオゾン生成能について、都内の平均的な走行パターンである No.5 における VOCs 排出原単位から算出した結果を図 4 に示す。

コールド走行における D-5 および D-6 のオゾン生成係数は、ともに約 170mg/km と高い値を示し、次いで D-4 が約 100mg/km、D-3 および D-7 については 30mg/km を下回っていた。D-3 は DPF を、D-7 は尿素 SCR を装備しており、ともに平成 17 年排出ガス規制適合かつ NO_x、PM10%低減達成車両で、この 5 台の中では最も厳しい基準をクリアした車両であることから、このように低い値を示したものと考えられる。また、ホット走行では D-4 が約 35 mg/km で、他 4 台は 20mg/km より低い値であった。

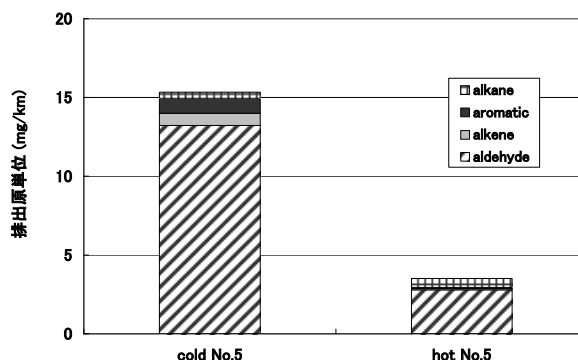


図 3 コールド・ホット走行時における VOCs 排出原単位

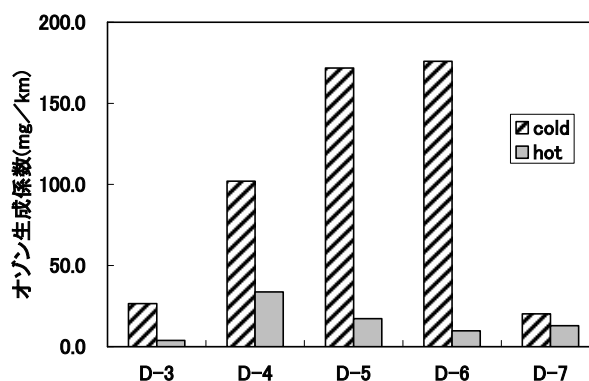


図 4 各車両におけるコールド・ホット走行時のオゾン生成係数

4. おわりに

新長期規制適合の大型ディーゼル貨物車について、その排出ガス中に含有する VOCs 成分等の測定、評価を行った。この結果、新長期規制適合車においては、長期規制適合車と比較して、VOCs の排出量は大幅に低減していることが確認された。

しかし、コールド走行や渋滞などの走行条件では、触媒の活性等が十分でなく VOCs 濃度が高くなることも確認された。また、コールド走行の VOCs 排出量は、ホット走行の約 4.5 倍と、長期規制適合車両の場合と比較し、ホット走行との差が大きい傾向にあった。さらに、オゾン生成能についても、コールド走行のオゾン生成係数はホット走行の 3~20 倍程度となった。

ディーゼル貨物車は、1 日の走行距離が一般的に長いこと、全体の走行に占めるコールド走行の比率は低いと考えられている。このため、これまではコールド走行時における規制は設けられていない。しかし、規制が適用されているホット走行時の排出量が低減してきたため、相対的にコールドでの排出ガス比率が高まる可能性があり、排出量を総体として低減するためにはコールド走行時の排出量にも注目していく必要がある。

また、コールド走行や渋滞時の走行などに加え、DPF 装着車の再生時における排出ガスや燃費等への影響についても、今後定量的な調査を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 中央環境審議会：今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第九次報告)，中央環境審議会(2008)
- 2) Robert J. Avery: Reactivity-Based VOC Control for Solvent Products: More Efficient Ozone Reduction Strategies, Environ. Sci. Technol. 40, pp.4845-4850 (2006)
- 3) Jun Matsumoto et.al., Naohiro Kosugi, Ayaka Nishiyama, Ryoko Isozaki, Yasuhiro Sadanaga, Shungo Kato, Hiroshi Bandow and Yoshizumi Kajii: Examination on photostationary state of NO_x in the urban atmosphere in Japan, Atmos. Environ. 40, pp.3230-3239 (2006)
- 4) 星 純也ら：大気中 VOC モニタリングデータを用いた排出源およびオゾン生成能の評価，東京都環境科学研究所年報，pp.93-101 (2005)
- 5) 村上雅彦ら：自動車排出ガス中の炭化水素類の排出実態及びリスク評価試算，東京都環境科学研究所年報，pp.97-104 (2003)
- 6) 村上雅彦ら：自動車排出ガス中の揮発性有機化合物

(VOC)の排出実態，東京都環境科学研究所年報，pp.49-56 (2004)

- 7) 村上雅彦ら：コールドスタート時におけるディーゼル車排出ガス中の有害成分排出実態の解明，東京都環境科学研究所年報，pp.72-81 (2005)

- 8) 木下輝昭ら：最新規制適合の使用過程車から排出される揮発性有機化合物(VOC)の実態(年次報告)、東京都環境科学研究所年報，pp.25-32 (2006)

- 9) US EPA: PROPOSED AMENDMENTS TO THE TABLES OF MAXIMUM INCREMENTAL REACTIVITY (MIR) VALUES