

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)

木下 輝昭 横田 久司 岡村 整 村上 雅彦*

(*日本大学 理工学部)

要 旨

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) の実態を明らかにするため、ディーゼル車 5 台及びガソリン車 7 台について炭化水素類 (48 種類) とアルデヒド類 (8 種類) の測定を行った。

ディーゼル車は 5 台とも酸化触媒を装着していたが、酸化触媒のみを装着した車両と DPF や尿素 SCR 触媒を装着した車両ではアルデヒド類とアルケン類の排出に異なる傾向が見られた。VOC 成分の総排出原単位の平均値で見ると、今回調査した新短期規制、新長期規制適合車 5 台は 34.6~130.3mg/km であり、2004 年度に報告した長期規制適合車 9 台の平均値 171.0mg/km より低かった。

ガソリン車は、アルカン類と芳香族類が大部分を占めていた。また、VOC 成分の総排出原単位の平均値は、8.5mg/km で、2004 年度に報告された平成 10~13 年規制 8 台の平均値 19.5mg/km に対し 1/2 以下となっていた。

キーワード：最新規制、自動車排出ガス、VOC、排出原単位

Characterization of Volatile Organic Compounds(VOC) Emission from in-use Vehicles suit the latest regulation

KINOSHITA Teruaki, YOKOTA Hisashi, OKAMURA Hitoshi,

MURAKAMI Masahiko *

* College of Science and Technology, Nihon University

Summary

To characterize the emission of Volatile Organic Compounds(VOC) from in-use vehicles suit the latest regulation, the hydrocarbons (56 species including 8 aldehydes) in exhaust gas of 5 diesel and 7 gasoline vehicles were determined.

Aldehydes and alkenes were relatively abundant in diesel with oxidation catalyst, not in diesel with DPF or urea SCR catalyst. The total emission coefficient of VOC in 5 diesel vehicles was 34.6-130.3mg/km, it was lower than 171.0mg/km, the average total emission coefficient of 9 diesel reported in 2004.

Alkanes and aromatics were relatively abundant in gasoline exhaust. The total emission coefficient of VOC in 7 gasoline vehicles was 8.5mg/km, 1/2 or less than 19.5mg/km, the average total emission coefficient of 8 gasoline reported in 2004.

Key word : the latest regulation, vehicle exhaust gas, VOC, emission coefficient

1 はじめに

自動車排出ガスは、様々な大気汚染物質の主要な発生源の一つとなっている。大気汚染物質の中で、揮発性有機化合物（VOC）は、それ自体有害なものがあるだけでなく、窒素酸化物による光化学反応を促進して光化学オキシダントを生成したり、光化学反応などにより大気中で粒子化し、浮遊粒子状物質（SPM）を生成する。

自動車起源のVOCの比率は、総排出量のうち10%強を占めるとされてきたが、最近ではより高い比率であることが報告されている¹⁾。

光化学大気汚染の観点から見ると、VOCのオキシダント生成の反応性は、化学種によって異なるため、より有効に環境負荷を低減するためには、VOCの総排出量を把握するのみに留まらず、各VOC成分の排出量の実態を把握することが求められる。

自動車から排出されるVOCの実態について、当研究所では、2004年度に使用過程車（ディーゼル車11台、ガソリン車8台）から排出される炭化水素類（43種類）およびアルデヒド類（8種類）の実態について報告している²⁾。

自動車の排出ガス規制は段階的に強化されており、市場に供給されている自動車の排出ガス低減技術も最近は著しく変化してきている。本報告は、前報に引き続き、2005年に行った使用過程車調査（ディーゼル車5台、ガソリン車7台）の結果を年次報告としてまとめたものである。今回の調査では、光化学反応性の高い成分を含む低沸点炭化水素5物質（エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、アセチレン）を新たに加えた。

2 調査

(1) 対象車両及び試験方法

ア 対象車両

今回調査としたディーゼル車5台（D-1車～D-5車）、ガソリン車7台（G-1車～G-7車）の諸元を表1に示した。ディーゼル車は、新短期規制（平成15、16年規制）適合車が4台、新長期規制（平成17年規制）適合車が1台である。ガソリン車は、新短期規制（平成12、13年規制）適合車が3台、新長期規制（平成17年規制）適合車が4台である。また、ディーゼル車5台のうち2台及びガソリン車7台は、各規制において、さらに低排出ガス車の認定を受けた車両である。排出ガス対策として、

ガソリン車7台は三元触媒を、ディーゼル車では、D-1車、D-4車が排ガス再循環装置（Exhaust Gas Recirculation：EGR）及び酸化触媒、D-2車、D-3車がEGR及び連続再生式の排気微粒子除去装置（Diesel Particulate Filter：DPF）、D-5車が尿素SCR触媒を装着している。

表1 車両諸元

	車両	車種	排気量 (cc)	総重量 (kg)	等価慣性 重量(kg)	排出ガス対策	規制 年次	備考
ディー ゼル 車	D-1車	貨物	4,985	7,475	5,670	EGRクーラー 酸化触媒	H15年	
	D-2車	貨物	6,403	7,980	6,580	EGRクーラー 連続再生式DPF (酸化触媒付)	H15年	低排出 ガス認定
	D-3車	特殊	4,899	6,195	5,140	EGRクーラー 連続再生式DPF (酸化触媒付)	H15年	低排出 ガス認定
	D-4車	貨物	4,985	5,665	4,610	EGRクーラー 酸化触媒	H15年	
	D-5車	貨物	13,074	24,950	18,500	尿素SCR触媒 (酸化触媒付)	H17年	
ガソ リン 車	G-1車	貨物	1,760	1,810	1,500	三元触媒	H17年	低排出 ガス認定
	G-2車	貨物	1,998	3,075	2,250	三元触媒	H13年	低排出 ガス認定
	G-3車	乗用	1,998	1,970	1,750	三元触媒	H17年	低排出 ガス認定
	G-4車	乗用	4,292	2,105	2,000	三元触媒	H12年	低排出 ガス認定
	G-5車	乗用	1,493	1,355	1,250	三元触媒	H12年	低排出 ガス認定
	G-6車	乗用	1,769	1,160	1,250	三元触媒	H17年	低排出 ガス認定
	G-7車	乗用	1,328	1,295	1,250	三元触媒	H17年	低排出 ガス認定

イ 試験方法

当研究所の大型車シャーシダイナモメータ（以下、C/Dという）及び小型車C/Dと自動車排出ガス計測システムを使い、実車を走行させ、その希釈排出ガスを測定した。走行パターンは、都内における自動車の実際の走行状態をモデル化した東京都実走行パターンのうち、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44.44km/h）を用いた。また、最大積載量の記載のある車両については、等価慣性重量の設定を1/2積載とした。

(2) 自動車排出ガスの測定

ア 試料採取

既報の方法^{3)・4)}により、吸着剤を充填した捕集管（炭化水素類（低沸点炭化水素5物質を除く）にはSupelco製PEJ-02、アルデヒド類にはWaters製Sep-Pakを用いた）に希釈排出ガスを一定量通気した。ブランク測定は、上記と同様の方法により、希釈空気を捕集管に通気

した。

低沸点炭化水素 5 物質については、定容量希釈試料採取装置（ディーゼル車：(株) 堀場製作所製 CVS-9400T、ガソリン車：(株) 堀場製作所製 CVS-9200) にて、サンプリングバッグに採取された希釈排出ガス及び希釈空気（ブランク測定用）をテドラーバッグに移し、試料とした。

イ 測定

炭化水素類（低沸点炭化水素 5 物質を除く）は、捕集管用オートサンプラー/加熱脱着装置（島津製作所製 TD1-TS）を装備した GC-MS（島津製作所製 QP-5050A）を用い、既報²⁾の条件で測定した。アルデヒド類は、捕集管をアセトニトリル 5mL で抽出した後、HPLC（島津製作所製 LC10）を用いて、表 2 に示した条件で測定した。また、低沸点炭化水素 5 物質については、試料を濃縮し、GC-FID（島津製作所製 GC-17A）を用いて、表 3 に示した条件で測定した。

表 2 アルデヒド類の測定条件

カラム	Supelco社製LC-PAH (内径2.1mm×長さ25cm)	
カラムオープン	35℃	
検出器	島津SPD-M10AVP(UV360nm)	
注入量	5μL	
流速	0.2mL/min	
移動相	水-アセトニトリル	
	グラジエント	5%アセトニトリル水 アセトニトリル
	0min	40 60
	7min	40 60
	20min	0 60

表 3 低沸点炭化水素 5 物質の測定条件

濃縮装置	TekmerAUTOCAN(トラップ管Tenax)
濃縮温度	-65℃
カラム	VARIAN PLOT FUSED SILICA 長さ50m×内径0.32mm×厚み5μm Coating Al ₂ O ₃ /Na ₂ SO ₄
キャリアーガス	He(流量:0.8ml/min)
昇温条件	60℃(10min)→5℃/min→ 100℃(0min)→10℃/min→ 200℃(20min)

3 結果及び考察

本報告の中で、VOC 成分とは、測定した排出ガス中の炭化水素類（48 種類）及びアルデヒド類（8 種類）のことをいい、THC は、56 種類の排出原単位の総和のことをいう。各 VOC 成分の走行パターン毎の排出原単位及び THC 比（総和（負値は除く）に対する各 VOC 成分の比）について、ディーゼル車は各 5 台、ガソリン車は全 7 台の平均値を表 4 に示した。（ガソリン車については、規制年次は異なるものの、排出ガス低減装置による排出

パターンはほとんど同じであると考えられるので、全 7 台の平均値を求めた。）

表 4 では、各 VOC 成分を構造別にアルデヒド類、アルケン類（アセチレンを含む）、芳香族類、アルカン類（側鎖）、アルカン類（環状）、アルカン類（直鎖）に分けて、まとめた。

自動車排出ガスの VOC 排出パターンは、既報の手法²⁾により、炭化水素計（FID 法）から得られた総炭化水素の値に対する各 VOC 成分の比率を求めることにより、その特徴を見ることができる。しかし、最新の規制に適合したディーゼル車及びガソリン車では、VOC の排出量が少ない場合もあり、現行の炭化水素計による総炭化水素の測定では検出が困難であった。また、FID 法では含酸素成分の感度が低いため、アルデヒド類等が検出されていない可能性がある。そこで今回は、各 VOC 成分の総和（負値は除く）に対する各成分の比を THC 比とした。

なお、一般に自動車からはほとんど排出されないハロゲン炭化水素類及び沸点が高く主に粒子状成分中に含まれると考えられる多環芳香族化合物は、今回の測定対象物質から除外した。

(1) ディーゼル車の排出ガス低減装置別 VOC 排出パターン

今回調査した車両は、平成 15 年規制が 4 台、平成 17 年規制が 1 台であり、同年次規制においても排出ガス低減装置が異なる車両があった（ただし、全ての車両に酸化触媒は装着していた。）。

そこで、排出ガス低減装置別による VOC 排出パターンの実態を把握するために、今回調査した車両を酸化触媒+EGR、連続再生式 DPF+EGR、尿素 SCR 触媒の 3 つに分けて、比較検討を行った。まず、ディーゼル車各 5 台における VOC 排出比率の高い成分を表 5 に、今回新しく測定を行った低沸点炭化水素 5 成分の排出実態を表 6 にまとめた。次に、各車の全走行パターンにおける VOC 総排出原単位の平均値を図 1 に、VOC 成分をアルデヒド類、アルケン類（アセチレン含）、芳香族類、アルカン類（直鎖及び側鎖・環状）に類別し、各走行パターンの VOC 成分排出原単位の内訳を図 2-1~5 に示した。また、前報²⁾による長期規制に適合するディーゼル車 9 台の総排出原単位平均値²⁾を図 1 に併せて示した（ただし、低沸点炭化水素 5 成分は含んでいない値である。）。

表5 ディーゼル車各5台における排出比率の高いVOC成分

	D-1車		D-2車		D-3車		D-4車		D-5車	
	成分	THC比率 (%)	成分	THC比率 (%)	成分	THC比率 (%)	成分	THC比率 (%)	成分	THC比率 (%)
1	ホルムアルデヒド	25.3	ブタン	34.5	ベンゼン	46.8	ホルムアルデヒド	33.3	イブタン	31.9
2	アセトアルデヒド	15.4	アセトン	22.5	2-メチルブタン	18.9	アセトアルデヒド	17.2	ベンゼン	16.2
3	1,3-ブタジエン	12.0	1-ブテン	20.1	1-ブテン	15.2	プロピレン	12.7	ホルムアルデヒド	15.2
4	プロピレン	9.4	ベンゼン	14.4	イブタン	10.8	アセトン	6.9	アセトアルデヒド	11.9
5	アセトン	7.9	イブタン	8.1	ブチルアルデヒド	8.3	ベンゼン	5.1	ブタン	10.8

表6 ディーゼル車各5台における低沸点炭化水素5成分の排出実態

	D-1車		D-2車		D-3車		D-4車		D-5車	
	排出原単位 (mg/km)	THC比 (%)	排出原単位 (mg/km)	THC比 (%)	排出原単位 (mg/km)	THC比 (%)	排出原単位 (mg/km)	THC比 (%)	排出原単位 (mg/km)	THC比 (%)
エタン	0.60	0.4	0.50	2.6	0.60	3.4	1.00	1.3	-1.30	0.2
エチレン	4.20	3.3	0.20	0.9	0.40	5.4	3.80	4.2	1.20	3.8
プロパン	0.00	0.2	-0.40	0.0	0.10	0.9	0.80	1.2	-0.20	0.5
プロピレン	12.3	9.4	0.00	0.1	0.00	1.3	12.1	12.7	0.20	0.7
アセチレン	2.80	2.0	0.00	0.0	0.00	0.2	4.00	4.0	-0.40	0.0

排出原単位：各走行パターンの平均値 THC比：各走行パターンの排出原単位で、正の値を用いて計算

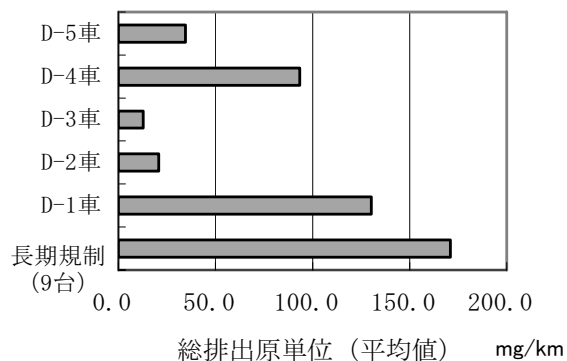


図1 ディーゼル車における各走行パターン総排出原単位の平均値

ア 酸化触媒+EGR (D-1車、D-4車)

図1より、総排出原単位の平均値を見ると、D-1車は130.3mg/km、D-4車は93.4mg/kmであり、他の排出ガス低減装置を持つ車両に比べて、相対的に高い値であった。しかし、前報²⁾による長期規制適合車9台の平均値171.0mg/kmよりは低かった。表5より、D-1車、D-4車の排出比率の高いVOC成分は、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、プロピレン、アセトンであり、トンネル調査⁵⁾の結果におけるディーゼル車のVOC排出パターンと概ね同じであった。表6の低沸点炭化水素成分の排出実態では、最も排出比率の高いプロピレンが10%前後であるほか、エチレンやアセチレンが2~4%程度であり、D-1車、D-4車において、低沸点炭化水素成分が高い比率で排出されていることが認められた。

分類別に見ると、どの走行パターンでもアルデヒド類、アルケン類の割合が高く、全体の80~90%を占めていた。

また、走行パターン別に見ると、No.2の排出原単位が最も高かった。これは、No.2ではアイドリング時間が長いために触媒の温度が十分に上がらず、触媒活性が低いと考えられる。

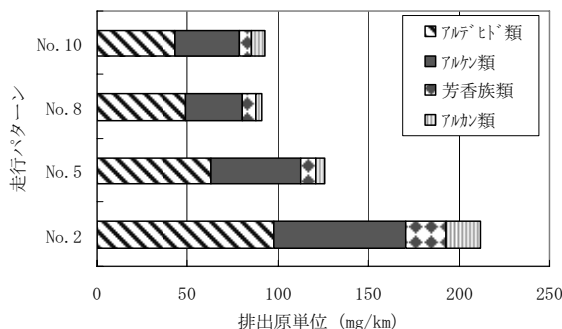


図2-1 走行パターンによるVOC排出傾向の変化 (D-1車)

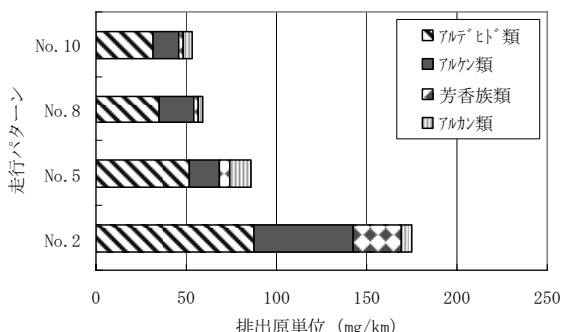


図2-2 走行パターンによるVOC排出傾向の変化 (D-4車)

イ 連続再生式DPF+EGR (D-2車、D-3車)

図1より、総排出原単位の平均値を見ると、D-2車は20.7mg/km、D-3車は12.8mg/kmで、同規制年次である

D-1 車や D-4 車に比べて 1/5 程度低く、また、長期規制適合車 9 台の平均値と比べると、1/10 程度までに低下していた。表 5 より、排出比率の高い VOC 成分は、D-2 車ではブタン、アセトン、D-3 車ではベンゼン、2-メチルブタンといったように、両車で異なる傾向が見られた。

また、他の排出ガス低減装置を持つ車両と比べても、上位成分は異なっていた。表 6 の低沸点炭化水素成分の排出実態は、エタン、エチレンが、全体の 3.5~8.8%程度占めていた。

分類別に見ると、どの走行パターンでもアルデヒド類の割合が低く、D-1 車や D-4 車とは、異なる実態を示していた。走行パターン別に見ると、D-1 車、D-4 車と同様に、No.2 の排出原単位が最も高かった。

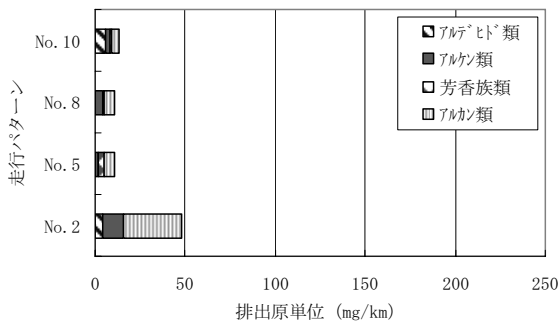


図 2-3 走行パターンによる VOC 排出傾向の変化 (D-2 車)

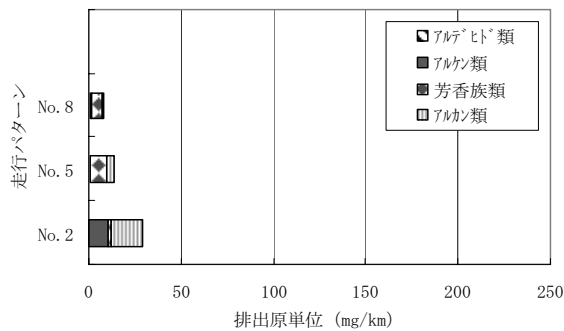


図 2-4 走行パターンによる VOC 排出傾向の変化 (D-3 車)

ウ 尿素 SCR 触媒 (D-5 車)

図 1 より、総排出原単位の平均値を見ると、前規制年次の D-2 車、D-3 車より、高い値であったが、長期規制適合車 9 台の平均値よりは 1/5 程度に低下していた。表 5 より、排出比率の高い VOC 成分を見ると、イソブタンが全体の 31.9%を示していた。表 6 の低沸点炭化水素成分の排出実態は、エチレンが全体の 3.8%占めているものの、エタン、プロパン及びアセチレンについては、排出原単位で負の値を示していた。

分類別では、No.2 において芳香族類の割合が 50%近く占

めているものの、平均車速が上がると共に、芳香族類の割合は低くなった。

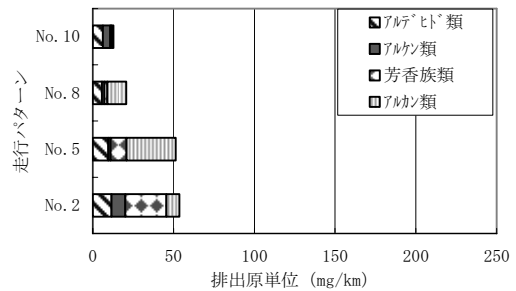


図 2-5 走行パターンによる VOC 排出傾向の変化 (D-5 車)

(2) ガソリン車の VOC 排出パターン

ガソリン車 7 台の全走行パターンにおける VOC 成分の排出原単位の平均値を算出し、VOC 排出比率の高い成分を表 7 に、今回新しく測定を行った低沸点炭化水素 5 成分の排出実態を表 8 にまとめた。次に、今回調査した車両の総排出原単位の平均値と既報³⁾で平成 10~13 年規制に適合するガソリン車 8 台の総排出原単位の平均値を図 3 に載せた (ただし、既報の平均値は、低沸点炭化水素 5 成分は含んでいない値である。)

次に VOC 成分をアルデヒド類、アルケン類 (アセチレン含)、芳香族類、アルカン類 (直鎖及び側鎖・環状) に類別し、各走行パターンの排出原単位の内訳を図 4 に示した。

表 7 排出比率の高い VOC 成分 (ガソリン車)

	ガソリン車 (7台)	
	成分	THC比率 (%)
1	ヘプタン	32.7
2	イソブタン	22.0
3	トルエン	12.2
4	2-メチルブタン	9.3
5	ペンタン	5.1
6	ブタン	4.8
7	ベンゼン	4.2

表 8 低沸点炭化水素 5 成分の排出実態

	ガソリン車 (7台)	
	排出原単位 (mg/km)	THC比 (%)
エタン	0.14	2.3
エチレン	0.00	0.3
プロパン	0.04	0.7
プロピレン	0.07	1.1
アセチレン	0.00	0.1

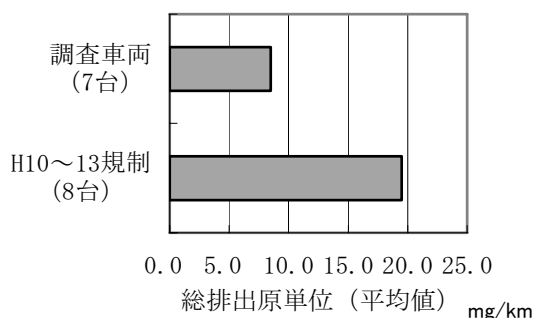


図3 各走行パターン総排出原単位の平均値

図3より、今回調査したガソリン車7台の総排出原単位の平均値は8.5mg/kmであり、平成10~13年規制に適合するガソリン車8台の総排出量の平均値19.5mg/kmの1/2以下に低減していた。また、今回調査したディーゼル車5台に比べても、1/15~1/4程度であった。表7より、排出比率の高いVOC成分を見ると、ヘプタン、イソブタン、トルエンが全体の70%近く占めていた。表8より、低沸点炭化水素成分の排出実態としては、エタンが最も多く、その割合は2.3%程度であった。また、図1のD-2車及びD-3車の総排出原単位は、ガソリン車並みの値であった。

分類別に見ると、どの走行パターンでも、アルカン類と芳香族類で90%以上占めており、既報³⁾のガソリン車は、アルカン類と芳香族類が大部分を占めるといった結果と同じ傾向を示していた。また、ディーゼル車と同様にNo.2の排出原単位が最も高かった。

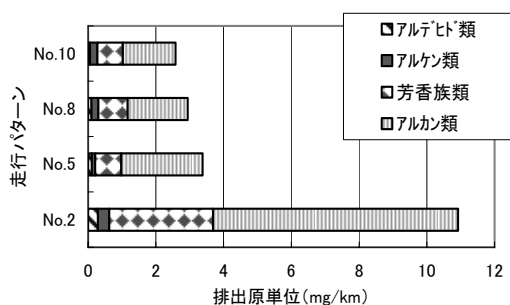


図4 走行パターンによるVOC排出傾向の変化 (ガソリン車)

4 おわりに

最新規制適合の使用過程車から排出されるVOC(56成分)の実態について、ディーゼル車5台及びガソリン車7台の調査を行った。

現在、自動車から排出されるVOCのパターンについては、炭化水素計(FID法)による総炭化水素の値から

各VOC成分の比率(VOC比率)を求め、その実態を把握している。また、PRTRのイベントリー算出においても、VOC比率を基準としている。しかし、最新規制適合の車両では、炭化水素の排出量が低くなっているため、炭化水素計による測定では検出が困難なレベルになっている。また、含酸素成分の検出感度が低いため、アルデヒド類等の成分が測定できないといった問題もある。

本年報で用いた各VOC成分の排出原単位の総和から各成分の排出比率を求めるといった方法は、炭化水素計における問題点を解決しており、今後VOC排出パターンの実態を把握する上でも有効であると思われる。しかし、VOC排出原単位の算出方法は、希釈排出ガス中のVOC成分濃度から希釈空気中のVOC成分濃度を差し引くといった方法であるため、希釈空気中のVOC濃度が高い場合、排出原単位として負の値となる。これは、排出実態として現実を表しているものの、自動車の排出ガス低減技術を評価し、真のイベントリーを求めていくには問題となる。

当研究所では、平成17年度排出ガス規制(新長期規制)、さらに平成21年度以降に予定されている排出ガス規制(ポスト新長期規制)に対応するため、平成17年度から3ヵ年計画で自動車排出ガス計測システムの高精度化対応を行っている⁶⁾。

その中で、平成18年度には、マイクロダイリューショントンネル(MdLT-130xT)システムを設置した。マイクロダイリューショントンネルには、希釈空気用の浄化装置を装備しており、希釈空気を高いレベルで浄化することから、空気中のVOC成分の影響を受けない。そのため、PRTRのイベントリー算出において、真の値が得られると期待できる。

今後は、このマイクロダイリューショントンネルを活用し、より精度の高い計測を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 都市域におけるVOCの動態解明と大気質に及ぼす影響評価に関する研究 平成10~12年度、国立環境研究所
- 2) 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2004, pp.49-56 (2004)
- 3) 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
2003, pp.97-104 (2003)

4) 上野広行ら：自動車から排出される 1,3-ブタジエンに
ついて、東京都環境科学研究所年報 2002, pp.161-173
(2002)

5) 桜井健郎ら：高速道路トンネル交通車両からの揮発性
有機化合物の排出係数、大気環境学会誌 Vol.37(1),
pp.47-74 (2002)

6) 折原岳朗ら：大型自動車用排出ガス計測システムの高
精度化について、東京都環境科学研究所年報 2006,
pp.112- 115 (2006)

表4 ディーゼル車各5台とガソリン車(規制年次別)における排出原単位とTHC比の全走行パターン平均値

	COMPOUND NAME	分類	D-1車		D-2車		D-3車		D-4車		D-5車		G-1~7車 (7台)	
			排出原単位	THC比(%)	排出原単位	THC比(%)	排出原単位	THC比(%)	排出原単位	THC比(%)	排出原単位	THC比(%)	排出原単位	THC比(%)
1	Folmaldehyde	アルデヒド	32.8	25.3	-0.39	1.7	-0.30	3.7	29.6	33.3	4.48	15.2	0.03	0.9
2	Acetaldehyde		19.7	15.4	-0.39	1.8	-0.59	3.0	15.6	17.2	3.44	11.9	0.01	0.6
3	Acrolein		N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-
4	Aceton		10.2	7.9	2.15	22.5	0.03	1.0	6.32	6.9	-0.01	2.1	0.03	0.7
5	Propionaldehyde		N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-
6	Crotonaldehyde		N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-	N.D	-
7	Butylaldehyde		0.53	0.5	0.00	0.0	0.30	8.3	0.00	0.0	0.18	0.9	0.02	0.9
8	Benzaldehyde		0.39	0.4	0.00	0.0	0.00	0.0	0.03	0.0	0.00	0.0	0.01	0.3
⑨	Acethylene	(アセチレン含)	2.77	2.0	-0.04	0.0	0.01	0.2	4.01	4.0	-0.38	0.0	0.00	0.1
⑩	Ethylene		4.18	3.3	0.20	0.9	0.40	2.2	3.84	4.2	1.20	3.8	0.00	0.3
⑪	Propylene		12.3	9.4	-0.02	0.1	0.02	0.2	12.1	12.7	0.23	0.7	0.07	1.1
12	1-Butene		7.93	6.4	4.01	20.1	2.50	15.2	2.16	2.9	-1.01	9.6	0.00	1.6
13	1,3-Butadiene		15.7	12.0	-0.18	0.0	-0.02	0.0	2.50	2.5	0.61	4.8	-0.01	0.4
14	t-2-Butene		1.59	1.5	0.39	1.9	0.11	0.8	0.00	0.0	-1.14	0.0	0.02	0.8
15	c-2-Butene		0.66	0.5	0.01	1.4	-0.31	0.7	0.38	0.4	-0.36	0.0	0.01	0.3
16	1-Pentene		1.41	1.0	0.27	2.2	-1.03	0.0	0.63	0.6	0.37	1.9	0.00	0.2
17	2-Methyl-1,3-butadiene		0.07	0.1	-0.07	0.3	-0.12	0.0	0.30	0.3	-0.05	0.0	0.01	0.1
18	t-2-Pentene		0.15	0.3	-0.04	0.4	-0.02	0.5	0.05	0.1	0.79	2.0	0.01	0.3
19	c-2-Pentene		0.11	0.2	-0.02	0.5	-0.13	1.2	0.16	0.2	0.35	0.9	0.01	0.2
20	2-Methyl-1-pentene		0.33	0.2	-0.08	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.02	1.0	0.01	0.1
21	Benzene	芳香族	2.91	2.4	-3.85	14.4	5.22	46.8	5.41	5.1	8.28	16.2	0.28	4.2
22	Toluene		2.18	1.4	-0.36	0.0	-0.67	0.0	1.05	1.1	0.18	1.6	0.78	12.2
23	Ethylbenzene		0.92	0.6	-0.18	0.1	-0.01	0.9	-0.47	0.0	0.06	0.3	0.04	1.1
24	p,m-xylene		1.00	0.7	0.07	2.4	0.02	0.9	0.32	0.4	0.04	0.3	0.06	0.8
25	Styrene		0.64	0.5	0.00	0.0	-0.01	0.3	0.37	0.4	-0.09	0.1	0.01	0.3
26	o-Xylene		0.95	0.7	-0.16	0.9	0.01	0.8	-0.02	0.3	0.35	2.5	0.05	0.7
27	Isopropylbenzene		0.16	0.1	-0.03	0.0	0.00	0.0	0.06	0.1	0.02	0.1	0.00	0.0
28	Propylbenzene		0.49	0.3	-0.12	0.0	0.01	0.7	0.17	0.2	-0.16	0.3	0.01	0.1
29	1,3,5-Trimethylbenzene		0.79	0.6	-0.14	0.0	-0.03	2.0	0.47	0.6	0.02	0.4	0.03	0.4
30	1,2,4-Trimethylbenzene		1.02	0.7	-0.31	0.0	-0.05	2.0	0.58	0.7	0.02	0.5	0.01	0.3
31	Isobutane	(アルカン側鎖)	2.10	2.1	1.42	8.1	-0.61	10.8	-0.17	0.0	-6.30	31.9	2.02	22.0
32	2-Methylbutane		-0.20	0.5	0.16	5.6	0.02	18.9	-0.39	0.2	-0.21	0.5	0.75	9.3
33	2,2-		0.00	0.0	0.00	0.0	0.08	0.7	-0.01	0.0	-0.10	0.0	0.04	0.5
34	2,3-		0.00	0.0	-0.10	0.0	0.17	0.6	0.00	0.0	0.27	1.3	0.02	1.5
35	2-Methylpentane		0.01	0.0	0.02	0.8	-0.05	0.0	-0.02	0.1	-0.61	0.0	0.09	1.3
36	3-Methylpentane		0.03	0.1	0.08	0.8	-0.17	0.0	-0.04	0.0	-0.42	0.0	0.11	1.3
37	2,4-Dimethylpentane		0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.01	0.1
38	2-Methylhexane		0.00	0.0	0.00	0.0	0.39	1.3	-0.02	0.0	-0.52	0.0	0.05	0.8
39	2,3-Dimethylpentane		-0.01	0.0	0.01	0.3	0.10	0.4	0.01	0.0	0.13	0.4	0.01	0.3
40	3-Methylhexane		0.04	0.1	0.01	0.5	-0.24	0.0	0.02	0.1	-0.06	1.9	0.08	0.9
41	2,2,4-Trimethylpentane		0.00	0.0	0.00	0.0	0.04	0.1	-0.02	0.0	-0.25	0.0	0.00	0.3
42	2,3,4-Trimethylpentane		0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
43	2-Methylheptane		0.14	0.1	0.02	0.1	0.04	0.3	0.04	0.1	0.04	0.6	0.02	0.3
44	3-Methylheptane		0.00	0.0	0.03	0.2	0.00	0.0	0.09	0.1	-0.07	0.0	0.02	0.4
45	Cyclopentane	(アルカン環状)	0.50	0.4	-0.02	0.2	-0.11	0.0	0.07	0.1	0.09	0.3	0.01	0.2
46	Methylcyclopentane		0.68	0.4	0.10	0.5	-0.09	0.0	0.02	0.0	-0.22	0.1	0.04	0.4
47	Cyclohexane		0.07	0.1	-0.04	0.5	-0.21	0.0	0.00	0.1	0.26	1.2	0.03	0.4
48	Methylcyclohexane	0.04	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.14	0.2	-0.68	0.2	0.06	0.7	
④⑨	Ethane	(アルカン直鎖)	0.64	0.4	0.47	2.6	0.62	3.5	0.97	1.3	-1.25	0.2	0.14	2.3
⑤⑩	Propane		-0.05	0.2	-0.43	0.0	0.11	0.9	0.78	1.2	-0.17	0.5	0.04	0.7
51	Butane		0.36	0.9	7.62	34.5	-31.0	0.0	2.05	3.2	2.39	10.8	0.17	4.8
52	Pentane		-0.21	0.0	-0.32	1.3	0.56	7.9	-0.03	0.1	0.66	4.4	0.38	5.1
53	Hexane		0.24	0.1	0.66	2.9	0.58	7.4	-0.07	0.0	-0.21	0.0	0.08	1.1
54	Heptane		0.76	0.9	-0.02	0.2	0.75	5.2	0.09	0.2	0.01	0.5	2.12	32.7
55	Octane		0.71	0.5	0.00	0.0	0.00	0.0	0.32	0.4	0.33	1.2	0.01	0.2
56	Nonane		1.30	1.8	0.46	2.3	0.57	6.9	1.64	1.9	0.73	3.0	-0.01	0.8
総和値			130.3		20.7		12.8		93.4		34.6		8.52	

*数字網掛け: 優先取り組み物質 *物質名網掛け: PRTR対象物質 *丸数字: 今回新しく追加した物質 排出原単位: mg/km