

直接噴射式ガソリン自動車から排出される 粒子状物質に関する研究

環境研究領域

後藤 雄一 石井 素 鈴木 央一 河合 英直

1. はじめに

今年 10 月から開始された新短期規制、八都府県市におけるディーゼル排出粒子低減装置装着義務付け条例に見られるように、ディーゼル車から排出される粒子状物質 (PM) に対する規制が進められ、新長期規制では 2005 年時点で世界で最も厳しい PM 規制が導入される予定である。一方、ガソリン車においては PM は排出されないとしてガソリン車に対する PM 規制は規制の予定には入っていない。しかしながら、最近のディーゼル車における大幅な PM 低減が進められた結果、極微量の PM 計測が可能な新 PM 計測法の検討が必要となったことに加えて、直接噴射式ガソリン車において

は通常のガソリン車に比べて大量の PM が排出されると予想されることから、直接噴射式ガソリン車の排出実態について明らかにしておく必要がある。

本研究は、市販されている直接噴射式ガソリン車から排出される粒子状物質の排出実態について調べるとともに、粒子個数計測による新たな PM 計測法の可能性について明らかにすることを目的とし、その結果を報告するものである。

2. 実験装置及び実験方法

2.1. 実験装置

表 1 に供試車両の諸元を示す。排気量 2997cc、圧縮比 11.3 の NOx 吸蔵還元触媒を装着した直接噴射式ガソリン自動車である。図 1 に実験配置図を示す。シャシーダイナモメータ上に供試車両を設置し、排気系の温度、テールパイプ後の排気ガス、粒子状物質の計測を行った。粒子径計測装置として ELPI と SMPS を使用した。図 2 に実験状況写真を示す。

2.2. 実験方法

定常条件の排気ガス測定は 40、60km/h 定常におい

表 1 供試車両諸元

シリンダー数および配置	直列 6 気筒・縦置き
弁機構	DOHC 4 弁
吸排気方式	クロスフロー
内径 × 行程 (mm)	86.0 × 86.0
総排気量 (cc)	2997
圧縮比	11.3
燃料供給方式	直接噴射式
最高出力 <ネット> (kW(PS))(r/min)	16.2 (22.0) (5,600)
最大トルク <ネット> (Nm(kgf·m))(r/min)	29.4 (30.0) (3,600)
使用燃料	ガソリン
全長 × 全幅 × 全高 (mm)	4820 × 1765 × 1455
10・15モード燃費 (km/L)	11.4
平成 22 年度燃費基準達成車、平成 10 年騒音規制車	

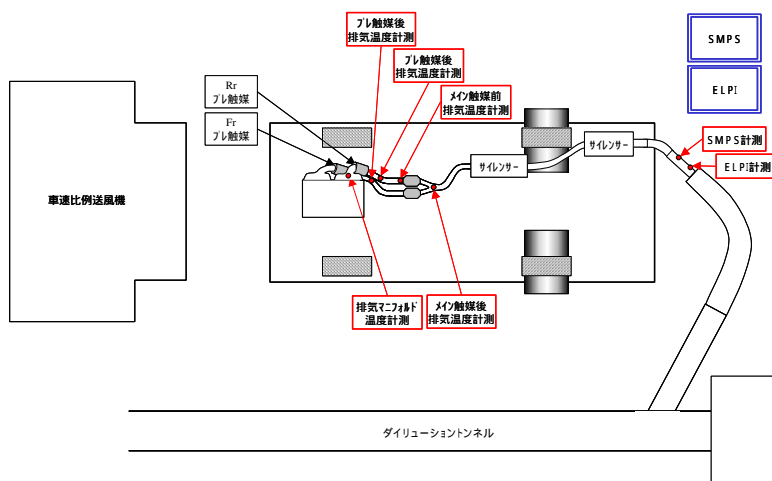


図 1 実験配置図



図 2 実験状況写真

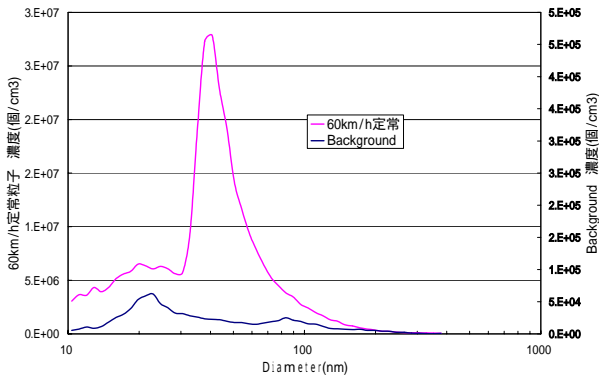


図3 SMPSによる実験室バックグラウンドと60 km/h 定常における排出粒子個数濃度分布

て行った。暖気条件試験では60km/h 定常で10分間暖気後に試験を行った。また、同時に排気ガスを希釈トンネルに導入しフィルタ重量法によるPM計測も行った。図3にSMPSにより計測した実験室バックグラウンドの粒子数濃度分布を示す。Bimodal分布を示し、濃度レベルは 10^4 レベルである。

3. 実験結果及び考察

3.1. 定常試験

図4に40、60 km/h 定常における排気ガス排出特性を示す。NOx吸蔵還元触媒の触媒再生リッチスパイクによるCO₂スパイクとNOxスパイクが40 km/h 定常条件では約150秒間隔で、60 km/h 定常条件では約50秒間隔で発生している。40 km/h 定常条件ではスパイク幅が大きくピークも高い。表2に各実験における排出ガス、PM排出量を示す。定常条件では0.001~0.002 g/kmのPMを排出しており、40 km/h 条件のNOx排出量が多いことは図4のNOx排出量平均レベルが図

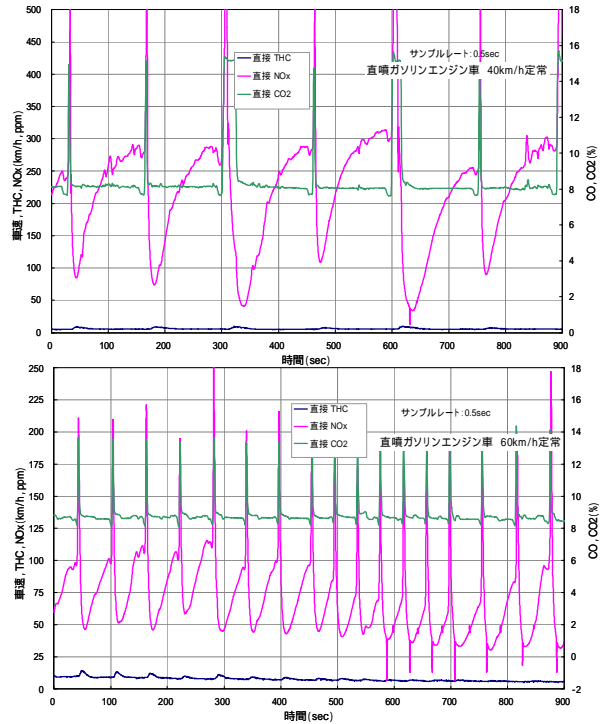


図4 40、60 km/h 定常における排気ガス排出特性

表2 各実験における排出ガス、PM排出量

MODE		60km/h定常	40km/h定常	10・15(HOT)	CD34(COLD)
PM MASS	g/km	0.0011	0.0023	0.0184	0.0139
CO	g/km	-0.008	-0.007	-0.002	-0.004
HC	g/km	0.019	0.019	0.042	0.039
NOx	g/km	0.096	0.324	0.179	0.111
CO ₂	g/km	122.094	120.877	220.177	216.77

5に比べて高いことと対応する。

図3にSMPSによる60 km/h 定常における排出粒子個数濃度分布を示す。約40nmにピーク値を持つ。SMPSは一つの粒径分布計測に60秒かかることと計測開始時期によりうまく粒径分布計測が出来ず、60 km/hの

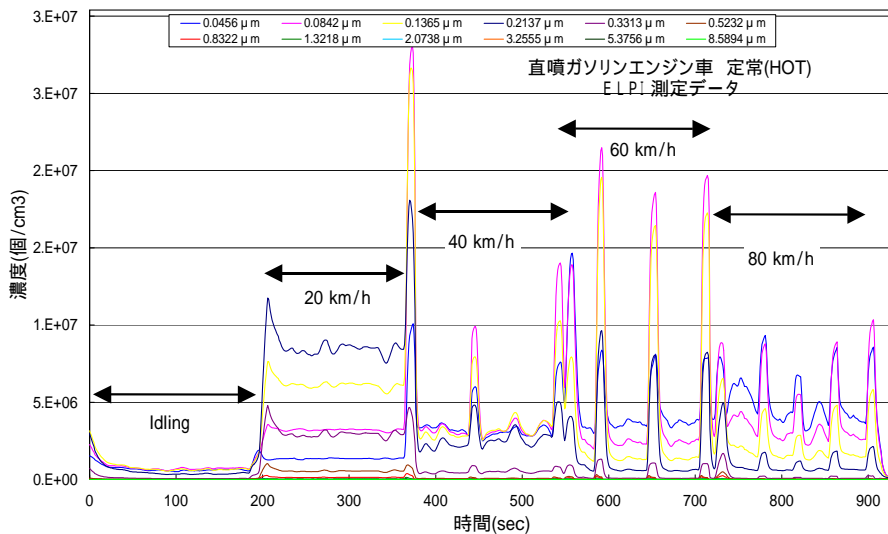


図5 ELPIによる各定常走行における排出粒子個数濃度

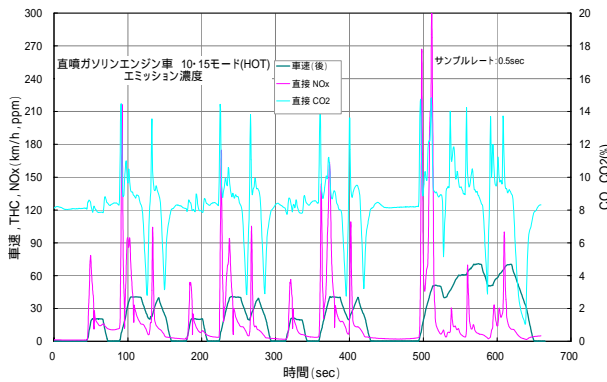


図6 暖気後の10・15モード試験における
排気ガス排出特性

場合は測定タイミングでうまく計測できた場合である。図5にELPIによる排出粒子個数濃度分布を示す。粒径は、代表粒径を示す。ELPIは実時間で計測できることから時間分解能の高い粒径分布計測が可能である。車速により最も排出される粒子の粒径が異なる。Idlingから80 km/hまで順次速度を階段状に上げたところ、Idlingでは84~130nm、20km/hでは210nm、40km/hでは45~130nm、図3の60km/h定常の分布で約40nmにピークがあることに対応して60km/hでは45nm、80km/hでは45nmの粒子が最も多い。図4の排気ガス排出特性に示すようにリッチスパイクによるNOx、CO₂スパイクが発生していることに対応して、個数濃度で計測すると粒子スパイクが発生している。これは、リッチスパイクに伴い排気系ガス中または触媒中で生成された粒子が排出されたものと考えられる。リッチスパイクからの粒子は84nmをピークとしてい

る。

3.2.10・15モード試験

図6に暖気後の10・15モード試験における排気ガス排出特性を示す。加速運転時にNOxとCO₂の生成が認められるが、定常条件に見られたリッチスパイクによるNOx、CO₂のスパイクは明確には認められなかった。表2の10・15モードにおける排出ガス、PM排出量は、NOxが0.179 g/km、PMが0.0184g/kmである。図7にELPIによる排出粒子個数分布を示す。214nmの粒子が全域に渡って最も多く発生するが、加速時には84~136nmの粒子が、70~50 km/hの減速時には45nmの粒子が最も多く発生する。排気系ガス流速が低い低速車速では、粒子の排気系滞留時間が短いため粒子成長が進まず小さい粒径のまま排出される傾向を示す。また、粒子濃度が高いときには粒子同士の衝突確率が高く粒子成長が進みやすい傾向を示す。この二つの傾向の重ねあわせにより上記の図8の粒径排出挙動を定性的に説明できる。

3.3.CD34モード試験

図8にCOLD条件と暖気条件のCD34モード試験における排気ガス排出特性を示す。COLD条件では当初THCとCOの排出量が高く、還元雰囲気であるためNOx排出量は低いが、暖気がほぼ終了する400秒まではNOx排出量がかなり高い。400秒以降はNOx吸蔵還元触媒が機能しNOx排出量は低減する。また、矢印に示すような一部リッチスパイクによる触媒再生挙動も認められる。一方、暖気条件では当初から触媒が機能しり

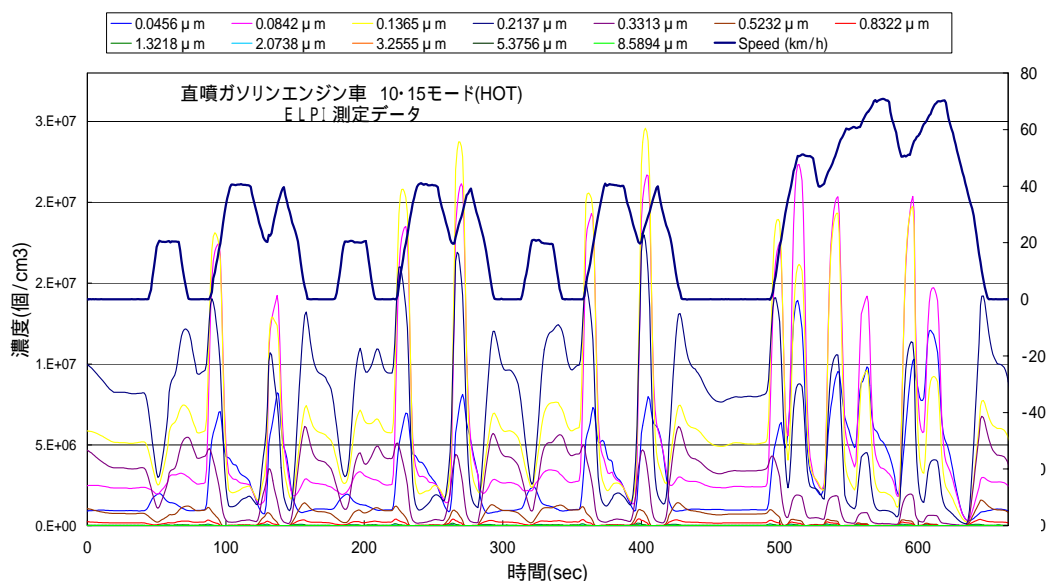


図7 ELPIによる10・15モード(HOT)における排出粒子個数分布

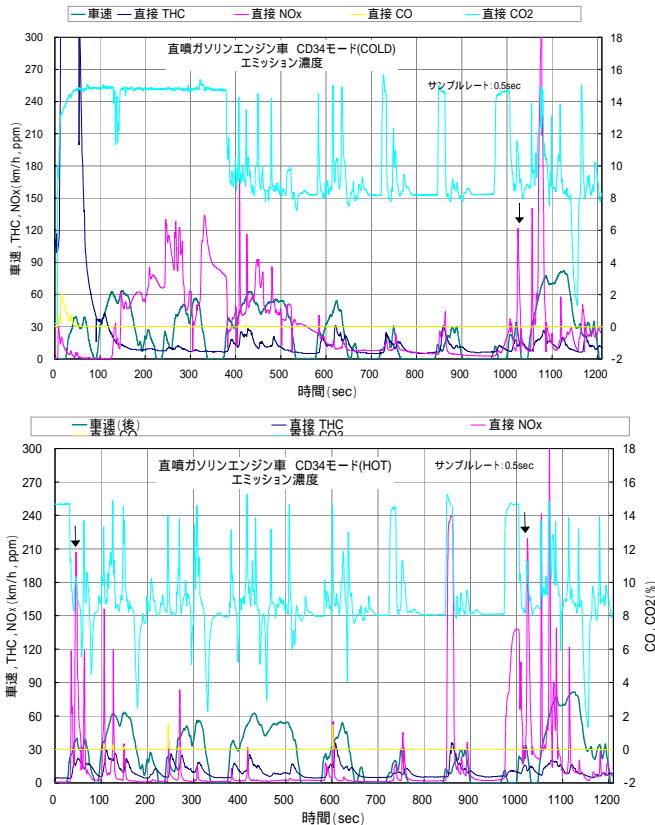


図8 COLDとHOT条件のCD34モード試験における排気ガス排出特性

リッチスパイクによるCO₂、NO_x排出も認められる。表2のCD34モードにおける排出ガス、PM排出量はCOLD条件でCOが0.357 g/km、HCが0.218 g/kmと大量に排出されているのに比べて、暖気条件ではCOが0.004 g/km、HCが0.039 g/kmと非常に少ない。PM排出量に関してもCOLD条件は暖気条件に比べ高い。CD34は新長期用のモードであり、ディーゼル中型乗用車の規制

値はPM 0.014g/km、NO_x 0.15 g/km、CO 0.63 g/km、NMHC 0.024 g/kmである。図9にELPIによる排出粒子個数濃度分布を示す。10・15モードの場合と同様の傾向を認められるが、矢印で示すようにリッチスパイクがより明確に現れている。粒径排出挙動についても同様である。

4. まとめ

直接噴射式ガソリン車から排出された粒子状物質について、重量基準、個数基準の排出実態を調べ、以下の結果を得た。

- (1) 直接噴射式ガソリン車から排出される重量基準のPM排出量は、新長期規制のモード(CD34モード)でPM規制値以下の値を示した。
- (2) 個数基準の粒子排出特性は、NO_x吸蔵還元触媒を搭載した車ではリッチスパイクが原因と見られる40~80nmピークの高濃度粒子排出が見られ、定常走行条件においてその特徴は明確に認められた。
- (3) 個数基準の粒子排出特性で、リッチスパイク以外では加速時に84~134nmの粒子、低速走行時には214nmの粒子が多い。

本実験に当たっては、非常勤研究員の内藤君の協力、野田明と山本敏朗氏から試験車の提供を頂いた、ここに感謝の意を表する。

5. 参考文献

- (1) GRPE/PMP 資料

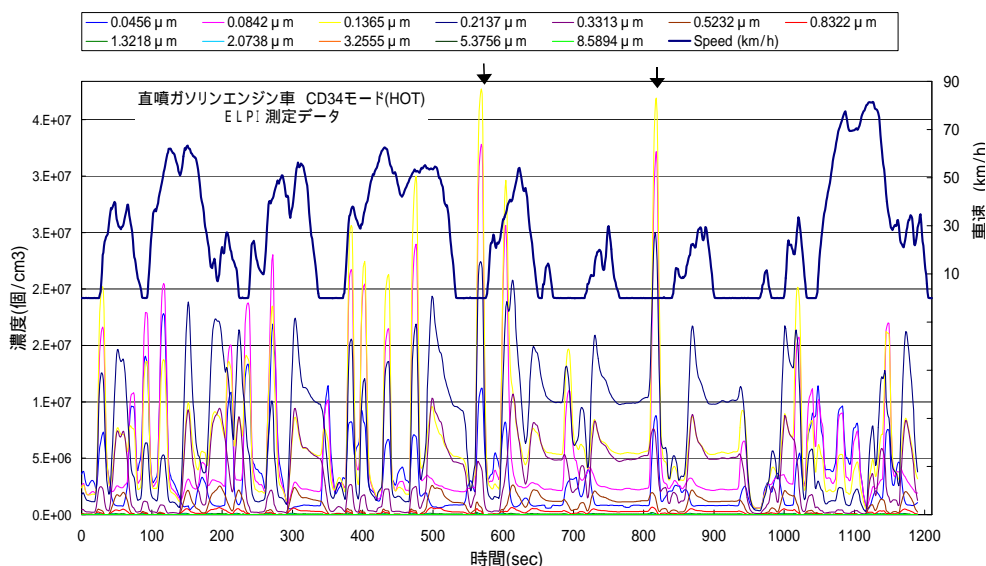


図9 ELPIによるCD34モード(HOT)における排出粒子個数濃度分布