

④ 車載型 PN 計測装置の計測原理の違いが 評価結果に与える影響

環境研究部

※志村 渉

奥井 伸宜

1. はじめに

国連の自動車基準調和世界フォーラム(WP29)の排出ガス・エネルギー専門分科会 GRPE(Working Party on Pollution and Energy)に設置された RDE-IWG (Global Real Driving Emissions Informal Working Group)では、中・軽量車の実路走行時の排出ガス(RDE)試験の国際基準調和活動が行われている。先行する欧州の RDE 試験¹⁾では、排出ガス中の粒径 23 nm ~ 2.5 μm の粒子数 PN(Particle Number)が評価対象に含まれる。さらに、粒径下限の引き下げが検討されている。RDE 試験における PN 排出量の評価には、車載型排出ガス計測装置 PEMS(Portable Emission Measurement System)が用いられ、後述する 2 種類の計測原理がある。また、日本では、RDE 試験における PN 規制の導入は未定だが、型式認証時の台上試験における PN 規制が、令和 5 年末までにディーゼル車、令和 6 年末までにガソリン直噴車を対象に適用が開始される²⁾。

本研究では、ガソリン直噴エンジンを搭載した乗用車の PN 排出量を計測原理の異なる 2 つの PN PEMS によって評価し、計測原理の違いが評価結果に与える影響について調査した。その結果を報告する。

2. PN PEMS の計測原理

PN PEMS の計測原理には、凝縮式 CPC (Condensation Particle Counter) と拡散荷電式 DC (Diffusion Charging)がある。

CPC 式では、粒子がアルコール蒸気中を通過時に凝縮成長し、肥大化した粒子にレーザー光を照射した際の散乱光を検出して粒子数を計測する。国連規則第 83 号(UNR 83)において、シャシダイナモ試験での PN 排出量の評価にも採用されている。

DC 式では、粒子を帯電させた後、電場中に送り、帯電した粒子が電極に引き寄せられて衝突した際に流れる電流値によって粒子数を計測する。

3. 実験方法

排気量 2 L のガソリン直噴エンジンを搭載した無過給式の乗用車(出力 114 kW。以下、NA 車)とターボチャージャーによる過給式の乗用車(出力 169 kW。以下、TC 車)を用いて、シャシダイナモ上で WLTC モード(Ex high を含む)を走行させた際の PN 排出量[個/km]を評価した。PN 濃度[個/cm³]は、2 つの PN PEMS(CPC 式:堀場製作所 OBS ONE PN、DC 式:AVL PN PEMS iS)でテールパイプ直下から同時にサンプリングして評価した。排出ガス流量は、図 1 に示すように各 PN PEMS のピトー管を直列に接続して計測した。また、テールパイプ直下及び CVS 希釈後における排出ガス濃度を排出ガス分析計(堀場製作所 MEXA ONE)で評価した。各試験条件を表 1 に示す。

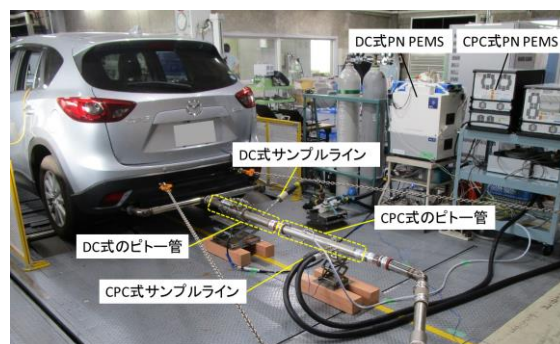


図 1 実験装置

表 1 試験条件一覧

No.	車両	モード	始動条件	ピトー管の接続位置 上流/下流
1	NA 車	WLTC (LMHE)	cold	DC 式 / CPC 式
2	NA 車		cold	CPC 式 / DC 式
3	NA 車		hot	DC 式 / CPC 式
4	NA 車		hot	CPC 式 / DC 式
5	TC 車		cold	DC 式 / CPC 式
6	TC 車		hot	DC 式 / CPC 式

4. 実験結果及び考察

PN PEMS による PN 排出量は、瞬時の PN 濃度と排出ガス流量から求められる。図 2 に各 PN PEMS によるモード全体での PN 排出量及びその相対差を示

す。cold 試験における PN 排出量は、NA 車では約 10×10^{11} 個/km、TC 車では約 40×10^{11} 個/km であった。参考に欧州の規制値は 6×10^{11} 個/km である。

各 PN PEMS による評価結果は、TC 車の hot 試験 (No.6)を除き、DC 式による値が CPC 式による値を下回り、NA 車の cold 試験 (No.1、No.2)では約 23~26% 低かった。この要因について、①ピトー管の接続位置、②排出ガス流量、③PN 濃度の観点から考察する。

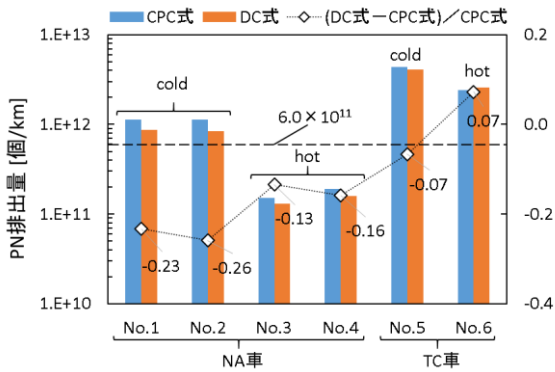


図2 各 PN PEMS による PN 排出量

①ピトー管の接続位置

試験 No.1 と No.2 及び No.3 と No.4 は、表 1 に示すように各ピトー管の接続順を入れ替えた試験である。図 2 において、各々の条件の PN 排出量はほぼ同等であったことから、本試験においては、ピトー管の接続位置による影響は小さかったものと推察される。

②排出ガス流量

各条件のモード全体における平均排出ガス流量について、各ピトー管による計測値と CVS による計測値を比較した。DC 式のピトー管による平均排出ガス流量は、CVS による値とほぼ同等(+1~2%)であった。一方、CPC 式のピトー管による計測値は CVS による値に比べて若干高かった(+6~8%)。ただし、PN 排出量の差に比べて小さいため、排出ガス流量計測の影響は限定的と考えられる。

③PN 濃度

各 PN PEMS によるモード全体での平均 PN 濃度及びその相対差を図 3 に示す。図の右軸に示した平均 PN 濃度の相対差は、図 2 の PN 排出量の相対差とよく一致した。このことから、PN 排出量に差を生じた主な要因は、PN 濃度の検出差であると考えられる。

PN 濃度の検出差をもたらす要因として、検出効率の違いが挙げられる。検出効率は、検出下限がより小さな校正器に対する PN PEMS の検出値の割合を粒

径毎に求めたものであり、欧州法規では、図 4 に示す許容範囲が規定されている。計測原理の違いにより、検出効率の粒径依存性が異なるため、車両から排出される粒子の粒径分布が PN 濃度の検出差を左右する。従って、粒径分布を調べることで、PN 濃度の検出差と検出効率の関係が明らかになると考えられる。

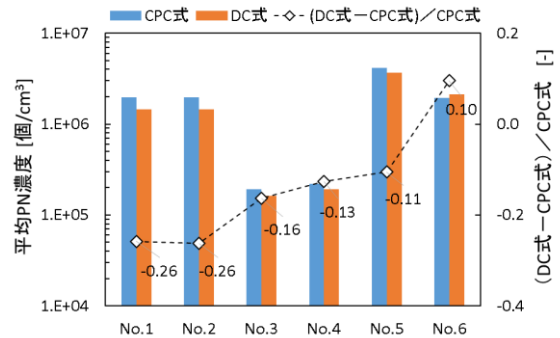


図3 各 PN PEMS による平均 PN 濃度

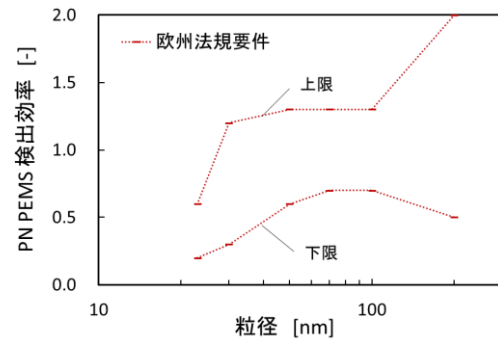


図4 PN PEMS の検出効率

5. まとめ

計測原理の異なる 2 つの PN PEMS を用いて、直噴ガソリン乗用車のシャシダイナモ試験における PN 排出量[個/km]を評価した。その結果、拡散荷電式(DC 式)による PN 排出量は、凝縮式(CPC 式)に対して、最大で約 26%低かった。これは、PN 濃度[個/cm³]の検出差が支配的な要因であることがわかった。計測原理の違いによる検出効率の違いが、PN 濃度の検出差に影響した可能性がある。

今後は、粒径分布を計測し、検出効率と PN 濃度の関係を検証するとともに、PN PEMS と定置型 PN 計測装置の比較を行う予定である。

参考文献

- 1) EU Regulation 2017/1154, 6. Analysers for measuring (solid) particle emissions
- 2) 環境省中央環境審議会：今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第十四次答申)