

⑩ガソリン直噴車における固体粒子の粒径分布評価

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 PMP-IWG（Particle Measurement Programme Informal Working Group）では、排出ガス中の粒子状物質の粒子数 PN（Particle Number）による評価法（PMP 法）が検討されている。一方、RDE（Global Real Driving Emissions）-IWG では、実走行時の排出ガス（RDE）中の PN 評価法が検討されている。

PMP 法では、台上試験において希釈トンネルから排出ガスをサンプリングし、据置型 PN 計測装置で PN を評価する。一方、RDE 試験法では、供試車両のテールパイプ直下からサンプリングし、車載型 PN 計測装置 PN-PEMS（Portable Emissions Measurement System）で PN を評価する。PN-PEMS には計測原理の異なるものがあり、著者らはこれまでに、計測原理の違いによる検出効率の違いが PN 排出量の評価結果に与える影響について検討してきた⁽¹⁾。

RDE 試験法では、PN-PEMS の性能確認のため、台上試験において PN-PEMS と PMP 法による据置型 PN 計測装置との PN 排出量を比較するが、サンプリング方法が異なるため、粒子損失や二次粒子生成により PN が変化し、両者には差異が生じる可能性がある。

本研究では、ガソリン直噴乗用車を用いて、テールパイプ直下および希釈トンネルにおける PN の粒径分布を評価し、サンプリング方法の違いが PN 評価結果に与える影響について検討した。

2. 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）を走行した際の排出ガス中

に含まれる粒子の粒径分布および PN 排出量を評価した。テールパイプ直下における粒径分布は、希釈器と Catalytic Stripper による揮発性粒子除去装置が一体となった粒径分布計測装置（TSI 製 EEPMS 3095。以下、EEPMS。）で評価し、希釈トンネルにおける粒径分布は、フィルタエアで追加希釈した後、Catalytic Stripper（Catalytic Instruments 製 CS10）で揮発性粒子を除去し、粒径分布計測装置（TSI 製 EEPMS）で評価した。排出ガス流量の測定には、PEMS（堀場製作所製 OBS-ONE）用のピトー管を用いた。PMP 法による PN 排出量の評価には、検出下限粒径がそれぞれ 23nm と 10nm の据置型 PN 計測装置（堀場製作所製 SPCS2300 および SPCS2310）を用いた。実験装置のレイアウトを図 1 に示す。

3. 実験結果および考察

図 2 に各試験車両の WLTC モード走行時の PN 排出量の瞬時値および累積値をモード全体の走行距離で除した値の時系列データをそれぞれ示す。

図より、いずれの車両も走行開始直後に PN 排出量が最も高く、L フェーズにおける PN 排出量が最も高かった。エンジンが暖機されると PN 排出量は減少す

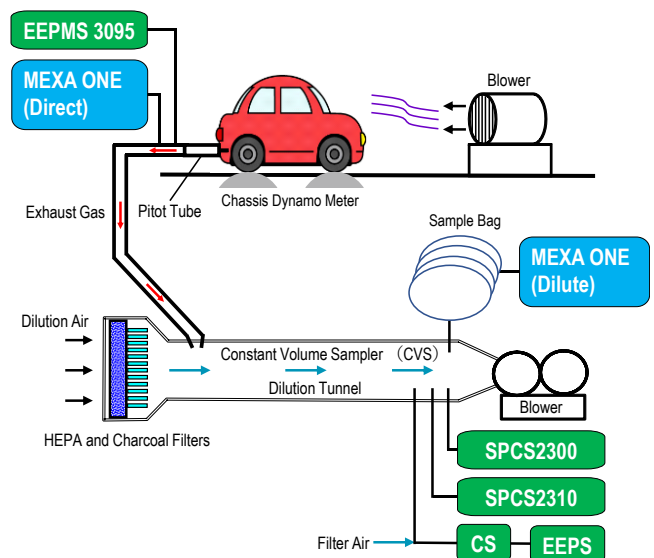


図 1 実験装置

るが、Ex high フェーズにおいて、比較的短時間にPN排出量が増加する傾向が見られた。

テールパイプ直下からサンプリングしたEEPMSと希釈トンネルからサンプリングしたEEPSの累積PN排出量に着目すると、モード開始から約30秒間における差異(図2、A・B)が顕著であり、モード全体では約3割程度EEPMSの方が高かった。これは、希釈トンネルからサンプリングしたEEPSでは、テールパイプと希釈トンネルを繋ぐ配管や希釈トンネル内の壁面に粒子が付着し、粒子損失が発生したことを示唆する。次に、SPCS2300とSPCS2310によるPN排出量を比較すると、始動直後は両者の値は比較的良好一致するが、NA車では約200s、TC車では約300s経過後から徐々に差異が拡大し、モード全体では約2割程度、SPCS2310による値の方が高かった。このことから、始動直後においては、粒径23nm以下の粒子の排出割合は比較的小さいが、エンジンが暖機されると、23nm以下の粒子の排出割合が増加したものと考えられる。

図3にEEPMSおよびEEPSによる粒径分布から、粒径範囲約5.6~10nm、約10~23nmおよび約23~560nmのPN排出量をEEPMSによる値を基準に正規化した結果を示す。

いずれの車両も、小径の粒子の方がテールパイプ直下に対して希釈トンネルにおけるPNの減少率が高く、粒子損失割合が高いことが示唆される。また、LフェーズにおけるPN減少率は他の走行フェーズに比べて高い。これは、LフェーズではPN濃度が高く、

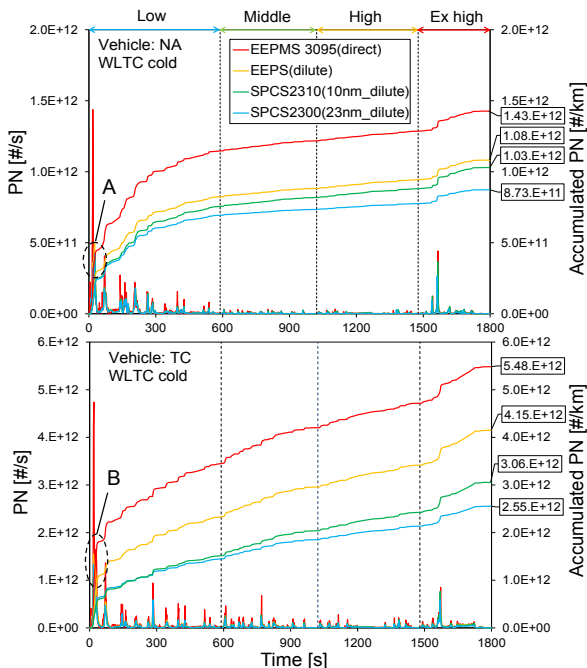


図2 PN排出量の時系列データ

排出ガス流量が小さいため排気管内における滞留時間が長いことや排出ガス中の水分の凝縮等が影響していると考えられる。

4. まとめ

本研究では、ガソリン直噴車を用いて、WLTCモード走行時のテールパイプ直下と希釈トンネルにおける粒径分布を評価することにより、サンプリング方法の違いがPN排出量の評価結果に与える影響について検討した。その結果、粒径の小さな粒子ほど、テールパイプと希釈トンネルの間における粒子損失割合が高いことが分かった。また、検出下限粒径が10nmの据置型PN計測装置による希釈トンネルにおけるPN排出量は、検出下限粒径が23nmの装置に比べて、約2割高いことが分かった。

謝辞

本研究に使用したSPCS2300およびSPCS2310は堀場製作所より、EEPMS 3095は東京ダイレックより貸与して頂いた。ここに記し、謝意を示す。

参考文献

- 1) 志村・奥井, “車載型PN計測装置の計測原理の違いがガソリン直噴車のPN排出量評価に与える影響”, 自動車技術会2021年春季大会学術講演会予稿集, pp.1-6 (2021)

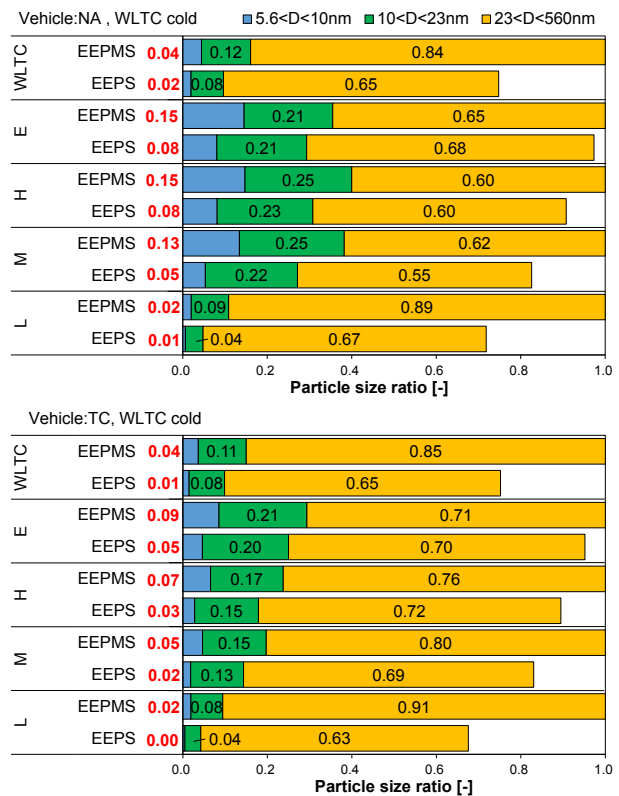


図3 PNの粒径割合