

②NO_x センサを用いた重量車排出ガス計測システムによる 尿素 SCR 触媒における NO_x 浄化性能の把握

環境研究部

※山本 敏朗

1. まえがき

現在、地球温暖化対策として、欧州を中心に、自動車の電動化が進められている。しかしながら、大型重量貨物車の電動化技術においては、現状レベルの積載重量及び輸送距離を維持することが難しいことから、短期間での電動車等への転換は困難であると考えられる。このことから、高効率ディーゼルエンジンの開発は、これからも続くものと推測される。一方、エンジンの高効率化が進んでも、窒素酸化物 (NO_x) 対策は必須であると考えられる。現在の主流の対策である尿素を還元剤とした NO_x 選択還元触媒システム (尿素 SCR システム) の性能向上はこれからも重要となる。尿素 SCR システムは、平成 17 年規制 (新長期規制) 適合車から一部の車種に初めて採用され、平成 21 年規制 (ポスト新長期規制) 適合車では尿素 SCR システムが主流となった。尿素 SCR システムとは、排気管に噴射した尿素水の熱分解及び加水分解により生じるアンモニア (NH₃) を還元剤として、排出ガス中の NO_x を還元して窒素 (N₂) と水 (H₂O) に分解する選択式還元触媒 (SCR 触媒) を中心とする触媒システムである。SCR 触媒は、鉄 (Fe) 系ゼオライト触媒、銅 (Cu) 系ゼオライト触媒等の種類が存在するが、積算走行距離の増加に伴い、性能劣化することがわかっている。現在、重量車の積算走行距離は、100 万 km 超となる場合もあり、実走行時の排出ガス性能確保の重要性が増しているものの、尿素 SCR システムの使用過程での性能変化等に関する知見が少ない。

このことから、本報では、尿素 SCR 触媒の使用過程での NO_x 浄化性能の把握を目的として、運送事業用の平成 28 年排出ガス規制適合のディーゼル重量車に、NO_x センサ、NH₃ センサ等の排気管直挿型センサを用いた車載型排出ガス分析装置 (SEMS : Sensor-based Emissions Measurement System) ¹⁾ を装着してデータを収集し、これらのデータを用いて、平成 28 年規制適合車から尿素 SCR システムに導入されている Cu 系

ゼオライト SCR 触媒の実路走行時の NO_x 浄化性能を調査した。以下に、その概要を報告する。

2. 実験方法

尿素 SCR 触媒における NO_x 浄化性能の調査には、本調査に協力いただいた運送事業者所有の中型貨物車 (平成 28 年規制適合、車両総重量 7.8 t、EGR 及び尿素 SCR システム搭載、積算走行距離 208,000km) を用いた。同車両に、SEMS を装着し、通常運送業務の中で、NO_x 濃度、NH₃ 濃度、排出ガス温度、走行条件等のデータを収集した。SEMS を構成する NO_x センサ (限界電流型 ZrO₂ センサ)、NH₃ センサ (混成電位型 ZrO₂ センサ)、排気温度センサ等のテールパイプへの取付状況を、図 1 に示す。走行試験データは、サンプリングレート 0.1 秒等で収集されて、それらのデータはデジタル式の運行記録計の通信モジュールにより、サンプリングレート 0.5 秒に再構築されて 1 分間隔で遠隔地のデータサーバーに送信された。さらに、試験データはデータサーバーから交通安全環境研究所にあるデータ解析サーバーに送られ、1 日の運送業務終了後に収集データに異常はないか等の試験実施状況の確認を行った。尿素 SCR 触媒の NO_x 浄化性能の評価には、触媒層の前後の NO_x センサによる NO_x 濃度の測定値から、「瞬時 NO_x 浄化率」を概算して用いた。なお、触媒層前の NO_x 濃度データは、尿素 SCR システムの制御用センサの信号から取得した。



図 1 SEMS のテールパイプへの取付状況



図2 走行試験ルート

3. 実験結果及び考察

3. 1. 走行試験ルート及び走行条件の選択

本調査では、尿素 SCR 触媒の性能評価のため、高速道路走行ルートに着目した。同ルートにおいては、信号機による発進・停止がなく、走行中の速度を 80km/h 程度の一定速度に定めることができることから、尿素 SCR 触媒の NOx 浄化性能等を評価するのに適している。図 2 に、選択したルートを示す。茨城県鹿嶋市を出発して、東関東自動車道、東名高速道路、新東名高速道路を走行して岐阜県各務原市に至るルートである。東関東自動車道の湾岸幕張 PA 付近を走行中にディーゼル微粒子捕集フィルター (DPF) の自動再生処理が行われた。DPF 再生中は排出ガス温度が昇温され、触媒温度が高いときの NOx 浄化性能を観測できることから、これを含む走行時の性能評価を行った。

3. 2. 尿素 SCR 触媒の NOx 浄化性能の分析

尿素 SCR 触媒による、NOx 還元反応の分析に、瞬間 NOx 浄化率を用いた。この算出には、尿素 SCR 触媒前後での NOx 濃度の測定値が必要になる。尿素 SCR 触媒前の NOx 濃度は尿素 SCR システムの制御用 NOx センサの信号 (CAN 信号) から、また、尿素 SCR 触媒後の NOx 濃度は SEMS の NOx センサの信号から、それぞれ取得した。DPF 自動再生を含む走行時の瞬間 NOx 浄化率は、以下の式で概算した。

$$\text{尿素 SCR 触媒の瞬間 NOx 浄化率 (\%)} = (\text{触媒前 NOx センサの NOx 濃度} - \text{触媒後 NOx センサの NOx 濃度}) / \text{触媒前 NOx センサの NOx 濃度} \times 100$$

ここで、瞬間 NOx 浄化率は、サンプリングレート 0.5 秒毎に算出している。触媒の NOx 浄化率は、触媒層で浄化された NOx 量と触媒層に流入した NOx 量の比率を表す。本報では、瞬間値としての浄化率の算出において、排出ガス流量は変化せず一定と仮定し、NOx 濃度値のみで算出している。

上記の式を用いて、図 2 で示した東関東自動車道の

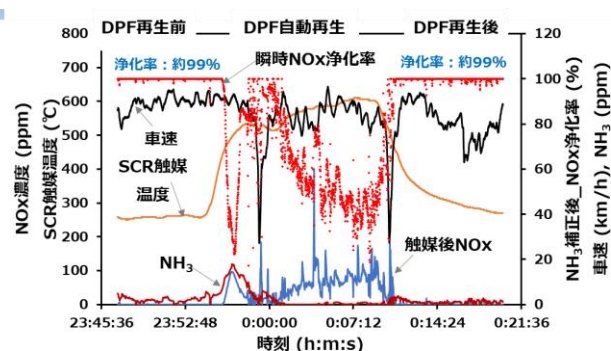


図3 実路走行時における尿素 SCR 触媒の瞬間 NOx 浄化率の変化

湾岸幕張 PA 付近を走行時の尿素 SCR 触媒の瞬間 NOx 浄化率を算出した。その結果を、図 3 に示す。同図より、DPF 自動再生が生じる前と後の車速 80km/h 程度の走行条件では、瞬間 NOx 浄化率は約 99% と高い値を示している。また、DPF 自動再生中は、SCR 触媒の昇温過程の 400°C 後半に NOx 及び NH₃ が排出されて一時的に浄化率は低下するが、直ぐに 80% 程度まで回復している。その後、SCR 触媒温度が 600°C 程度まで上昇する過程で、浄化率は徐々に 40% 程度まで低下していることがわかる。これは、DPF 自動再生により、SCR 触媒温度が上昇して、SCR 触媒に吸着している NH₃ (還元剤) の酸化が活発化し、瞬間 NOx 浄化率が低下したものと推測される。

4. まとめ

尿素 SCR 触媒の使用過程での NOx 浄化性能を把握するため、運送事業用の平成 28 年排出ガス規制適合のディーゼル重量車に SEMS を装着して実路走行時におけるデータを収集し、Cu 系ゼオライト SCR 触媒の NOx 浄化性能を、瞬間 NOx 浄化率を指標として分析した。

車速 80km/h 程度の高速道路走行条件では、瞬間 NOx 浄化率は約 99% と高い値を示した。DPF 自動再生中は、SCR 触媒温度が 600°C 程度まで上昇する過程で、浄化率は徐々に 40% 程度まで低下した。これは、SCR 触媒に吸着している NH₃ (還元剤) の酸化が活発化し、瞬間 NOx 浄化率が低下したものと推測された。

参考文献

- 1) 山本敏朗, 堤 玲子, 水嶋教文, 渡辺敬太郎, “NOx センサベースの車載計測器による路上走行時における重量貨物車の NOx 排出量評価”, 自動車技術会論文集, Vol. 46, No. 5, pp. 975-980 (2015)