

②ディーゼル貨物車の NOx 浄化装置である尿素 SCR システムの使用過程における性能低下要因の検討

環境研究部

※山本 敏朗

1. まえがき

10t 超積載クラスのディーゼル貨物車に求められる積載重量及び輸送距離を電動化で実現することが難しく、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。従って、大型ディーゼルエンジンの開発は継続され、同エンジンから排出される窒素酸化物 (NOx) の低減対策は、今後も重要となる。現在の主流の対策である尿素 SCR システムは、選択式還元触媒 (SCR 触媒) 等により構成される触媒システムである。SCR 触媒は高温かつ高濃度の水蒸気 (H₂O) にさらされることによる水熱劣化や硫黄 (S) 被毒劣化等により性能低下することがわかっている。SCR 触媒が、これらの性能低下に繋がる排出ガス状態にさらされる回数は、積算走行距離の増加に伴って増えることが推測される。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、実路走行時の排出ガス浄化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低下等に関する知見が少ない。本研究では、尿素 SCR システムの使用過程での NOx 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貨物車を対象に、尿素 SCR システム (Cu 系ゼオライト触媒搭載) の NOx 浄化性能の変化を、シャシダイナモメータ台上試験 (CD 試験) 等により、7 年間に渡って定期的に調査を行ってきた。

本報では、これらの調査データを基に、車両の使用過程において尿素 SCR システムの排出ガス低減性能に影響を及ぼす要因を分析し、性能低下の実態把握を行った。その概要について報告する。

2. 実験方法

供試車両は、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 7.8t、EGR 及び尿素 SCR システム搭載) である。年間 8 万 km 程度の運送事業走行を行い、定まった積み荷をほぼ同一ルートで定期的に運送する運送事業用貨物車である。同車両を用い、新

車時から積算走行距離約 46 万 km 時まで、定期的に CD 試験を実施してデータ収集を行った。

尿素 SCR 触媒の NOx 浄化性能の評価には、NOx 浄化率を用いた。NOx 浄化率は、SCR 触媒の前後の NOx 濃度値あるいは指定区間の NOx 質量値から、SCR 触媒で低減された NOx の割合として求めた。なお、SCR 触媒前の NOx 濃度データは尿素 SCR システムの制御用 NOx センサの測定値から、また SCR 触媒後の NOx 濃度データはダイレクトサンプリングによる排出ガス分析計 (CLD) の NOx 濃度測定値から取得した。

本報では、WHVC モード走行 (ホットスタート) 時において、異なる加速条件での NOx 浄化性能を評価するため、図 1 に示す 3 つの区間 (区間 A : 140 秒~730 秒、区間 B : 730 秒~1170 秒、区間 C : 1170 秒~1800 秒) に分けてデータ分析を行った。それぞれの区間の特徴は、区間 A は急加速を含む加減速走行、区間 B は比較的緩やかな加減速走行、区間 C は加減速の少ない高速走行である。

以上のような WHVC モードデータの特性を活用して、使用過程における尿素 SCR システムの排出ガス低減性能に影響を及ぼす要因を分析した。

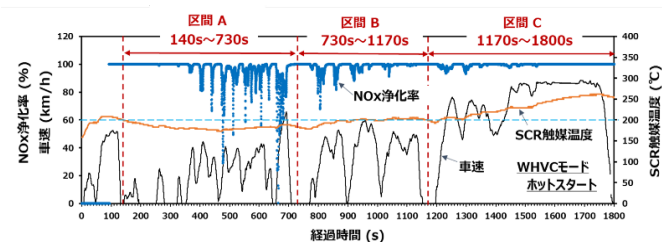


図 1 データ分析に用いた WHVC モード試験における 3 つの走行区間 A、B、C

3. 実験結果及び考察

3. 1. 積算走行距離の増加に伴う SCR 触媒温度低下

図 2 に、WHVC モード走行 (ホットスタート) 時の NOx 排出量及び NOx 浄化率の変化を 3 区間に分けて、積算走行距離ごとに並べて示す。結果、いずれの区

間のNOx 浄化率も、積算走行距離の増加に伴い変動していて、区間 A では12%程度の変動幅が認められた。このNOx 浄化率が変動する原因について調査した。SCR 触媒温度は、尿素 SCR システムのNOx 浄化性能に影響を及ぼす要因である。WHVC モード（ホットスタート）走行時において、SCR 触媒入口温度の区間別平均温度を積算走行距離の増加に伴いプロットした結果を、図3 に示す。同図より、SCR 触媒入口温度の平均は、区間 A において、積算走行距離が126,000km～460,000km と増加する中で低下傾向を示していることがわかる。ここで、NOx 浄化反応における触媒活性化温度は190℃近傍であることを確認している。区間 A では、SCR 触媒入口温度の平均が積算走行距離 288,000km 以降は190℃未満に低下することから、NOx 浄化反応が不活化してNOx 排出量が増加することが推測される。このことは、図2 の積算走行距離 288,000km 時のNOx 排出量が増加し、NOx 浄化率が低下していることと一致する。

以上より、積算走行距離の増加に伴って、SCR 触媒入口温度が低下する現象が確認され、この温度低下が尿素 SCR システムの性能低下要因と考えられた。

3. 2. 尿素水インジェクターの尿素水の供給状態の変化が尿素 SCR システムの性能に及ぼす影響

本報では、SCR 触媒への尿素水の供給状態を定量的に評価するため、WHVC モードの走行区間ごとに、SCR 触媒前の尿素水インジェクター制御用のNOx センサを用いてSCR 触媒前の排出ガス中のNO 量 (mol) を、また、尿素水インジェクターからの噴射により尿素水から生成されるNH₃ 量 (mol) をそれぞれ算出し、以下の式で評価した。

尿素水噴射量の評価値＝尿素水による生成 NH₃ モル数／SCR 触媒前 NO モル数

なお、Cu 系ゼオライト触媒では、NOx 分解の主たる反応がスタンダード SCR 反応であるとする、尿素水噴射量の評価値は1.0 近傍の値が推定される。従って、1.0 未満の区間は、尿素水の噴射量が不足している可能性がある。図4 に、供試車両のWHVC モード（ホットスタート）走行時において、NOx 浄化率と尿素水噴射量の評価値を区間別に、積算走行距離の増加に伴い並べて示す。同図より、区間 A に着目すると、NOx 浄化率（質量ベース）は積算走行距離 20 万 km 近傍から低下し、同様に尿素水噴射量の評価値も 20 万 km 近傍から減少していることがわかる。このように、両者の

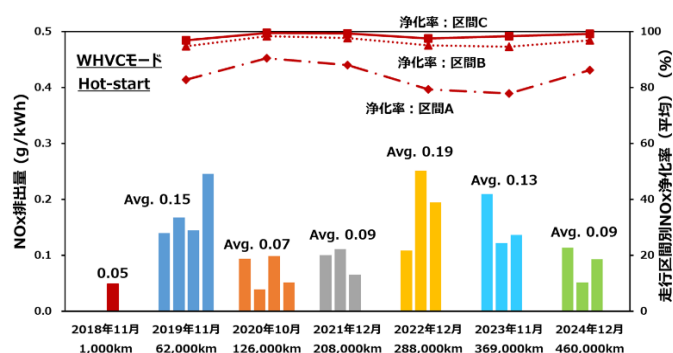


図2 積算走行距離の増加に伴う WHVC モード走行時におけるNOx 排出量とNOx 浄化率の比較

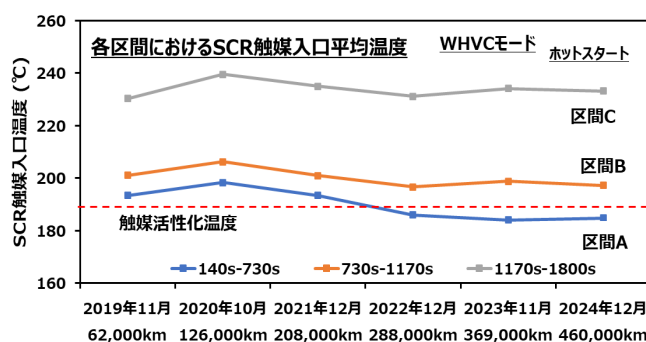


図3 積算走行距離の増加に伴う SCR 触媒入口温度の区間別平均温度の変化

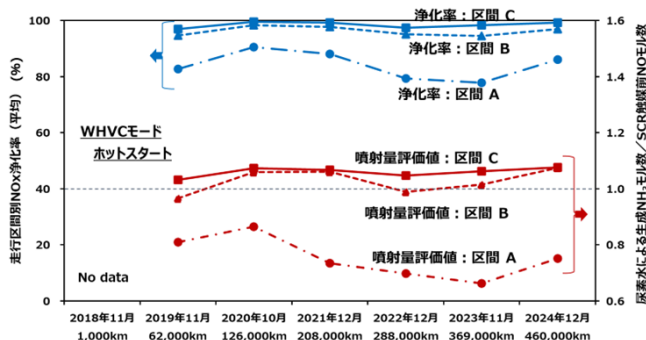


図4 積算走行距離の増加に伴う WHVC モード走行時におけるNOx 浄化率と尿素水噴射量評価値の比較

変化はよく一致していることから、尿素水インジェクターの尿素水の噴射量不足が、尿素 SCR システムの性能低下要因になっている可能性が考えられる。

4. まとめ

WHVC モード（ホットスタート）において、6 万 km～46 万 km と積算走行距離が増加する中で、モード走行区間のNOx 浄化率（質量ベース）の変動が確認された。この変動の原因として、積算走行距離の増加に伴って、SCR 触媒入口温度が低下する現象及び尿素水インジェクターの尿素水の噴射量不足の可能性が確認され、尿素 SCR システムの性能低下要因と考えられた。