

④ 運送事業用トラックに装着した簡易排出ガス測定システムによる収集データを用いた排出ガス異常状態の診断可能性の検討

環境研究部 ※山本 敏朗 鈴木 央一

1. まえがき

我が国の重量車の継続検査において、排出ガス検査は、有効な技術的手段がないこともあり実施されていない。これに関しては、NO_x センサを用いた簡易排出ガス測定システム (SEMS: Sensor-based Portable Emissions Measurement System) を重量車のテールパイプに装着して、実路走行時に排出ガス等のデータを測定し、それらを基に排出ガス低減装置の機能状態等を推定することを手段とする使用過程での排出ガス検査の可能性について研究している¹⁾。

本研究では、SEMS を車載式故障診断 (OBD: On-Board Diagnostics) に適用するとともに、移動体通信システムによる双方向通信技術であるテレマティクス技術と組み合わせたテレマティクス活用 OBD (本研究では、「OBD-III」と定義している) を提案し、これによって、故障診断精度の向上や、SEMS の測定データを通信により遠隔地のデータサーバに送る遠隔地排出ガス検査²⁾の有効性を、シャシダイナモメータ試験および実路走行試験により検証している。本報では、運送事業用トラックに SEMS とデータ送信用のデジタル式運行記録計 (デジタコ) を装着して、運送業務走行での走行データ、排出ガスデータ等を取得し、実路走行時の EGR 装置および尿素 SCR システムの機能状態を推定する方法を検討し、SEMS の排出ガス異常状態の診断に対する有効性について明らかにした。

2. 実験方法

実際に運送事業者が運用している車両に SEMS を装着し、通常の運送業務走行での走行データ、排出ガスデータ等を取得して、NO_x 浄化性能等を解析した。運送事業用トラックは、長期間にわたって借用できる可能性が低いことから、シャシダイナモメータ試験によって排出ガス性能や燃費性能などの基礎データを取

表 1 実証試験で用いた運送事業用トラックの主な諸元

| | |
|--------------------|-------------------------|
| 車両カテゴリ | 小型貨物車 |
| 年式 | 2015 |
| 車体形状 | バンボディ |
| 車両重量 (kg) | 3,600 (試験車: 3,480 +120) |
| 最大積載量 (kg) | 2,000 (試験車: 2,950 -950) |
| 車両総重量 (kg) | 5,765 (試験車: 6,595 -830) |
| エンジン型式 | 直列4気筒, インタークーラー付 |
| エンジン排気量 (L) | 3 |
| エンジン最高出力 (kW/rpm) | 110/2800 ~3500 |
| エンジン最大トルク (Nm/rpm) | 370/1400 ~2800 |
| 走行距離 (km) | 70,000 |
| 排出ガス対策 | DPF, EGR, 尿素SCR |
| 適合排出ガス規制 | 平成22年規制 |

得できないことが予想された。このことから、基礎データは、当研究所の試験車両で取得し、実証試験においては、それと同一のメーカー・名称の車両で車両諸元もできる限り近い車両を所有する事業者を探索し、ご協力いただいた。表 1 に実証試験で用いた運送事業用トラックの主な諸元を示す。同表に示すように、エンジンや排出ガス対策は同一であるが、最大積載量が 2,000kg と当研究所の試験車両よりも 950kg 軽く、車両総重量で 830kg 軽い車両を選定して用いた。なお、運送事業用トラックと当研究所の試験車両の排気管 (長さ、管径) および排気管レイアウト (酸化触媒、

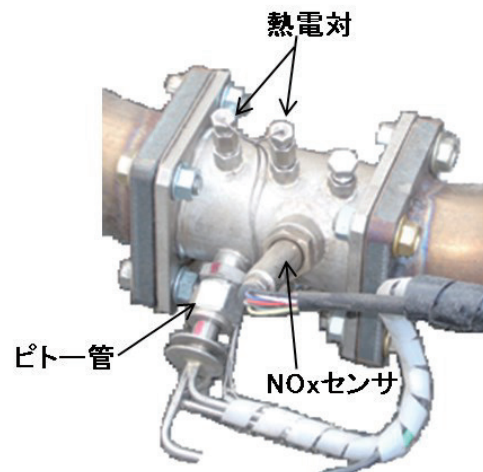


図 1 運送事業用トラックへの SEMS の取付状況

DPF、SCR 触媒の配置) は同一であった。ただし、運送事業用トラックの SEMS の取り付け位置は、図 1 に示すように、脱落を防ぐため排気管内に配置した。このため、テールパイプ排出ガス温度は当研究所の試験車データより 20°C程高くなった。

SEMS による計測データは、エンジン始動とともに、0.5 秒間隔で取得され、デジタコの通信モジュールを用いて、遠隔地のデータサーバに送信された。実証試験期間の 18 日間、エンジン稼働状態での全てのデータが、自動的にデータサーバに収集された。

3. 実験結果および考察

運送事業用トラックを用いた実証試験で取得したデータから、実路走行における NOx 排出挙動を定量化して、EGR 装置および尿素 SCR システムを対象とする OBD への活用を行う際の妥当性のある評価方法を探索した。また、NOx 排出挙動の評価指標として、欧州で実路走行時の排出ガス評価法として提案されている MAW 法³⁾に従って、排気管から排出される CO₂1kg 当たりの NOx 排出量 (g) を示す NOx 排出率 (g/kg-CO₂)⁴⁾ を用い、これと、エンジン冷却水温度あるいはテールパイプ排出ガス温度等との関係から、EGR 装置および尿素 SCR システムの機能状態を推定する方法を検討した。

3. 1. 排出ガス低減装置の機能状態推定のための基礎データの取得

図 2 に、テールパイプでの排出ガス温度と NOx 排出率 (g/kg-CO₂) の関係を示す。同図は、当研究所の試験車両をシャシダイナモメータに設置し、図中に示す各種の試験モードパターンで走行してデータを取得し、それらのデータを用いて、0.1 秒間隔で 60 秒間の

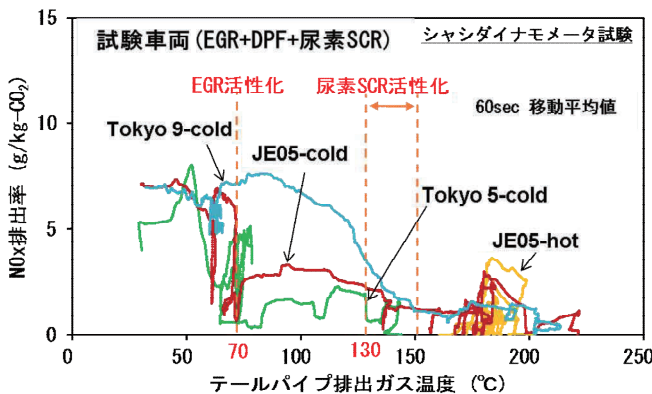


図 2 EGR 装置および尿素 SCR システム活性化時の NOx 排出率とテールパイプでの排出ガス温度の関係

移動平均値を算出してプロットした結果である。図中の JE05-cold 試験 (JE05 モード冷始動試験) および Tokyo-5-cold 試験 (東京都モード No.5 冷始動試験) において、NOx 排出率 (g/kg-CO₂) がテールパイプでの排出ガス温度 70°C 近傍で急激に減少していることから、この温度域以上で EGR 装置が機能していることが推測される。また、Tokyo-9-cold 試験 (東京都モード No.9 冷始動試験) では EGR 装置が十分に機能しないためか、テールパイプでの排出ガス温度 70°C 近傍では NOx 排出率 (g/kg-CO₂) は減少せず、その後の 130°C ~ 150°C 近傍で急激に減少している。この温度域では、尿素 SCR システムが機能し始めているものと推察される。さらに、EGR 装置の機能状態をテールパイプ排出ガス温度とエンジン冷却水温度の関係から検証した。その結果を、図 3 に示す。エンジン冷却水温度 50°C 近傍 (テールパイプ排出ガス温度では 70~80°C) より、JE05-cold 試験 (半積載、全積載) と Tokyo-5-cold 試験では、エンジン冷却水温度の上昇に伴いテールパイプ排出ガス温度が低下していることがわかる。これは EGR によって吸気に既燃ガスが加わり、吸気の O₂ 濃度の減少および比熱の増加によって燃焼温度が低下したことに起因すると考えられ、同時に NOx 排出率 (g/kg-CO₂) が減少していることから、この領域より EGR 装置が機能しているものと推察される。当研究所の試験車両を用いて行った試験条件においては、EGR 装置はエンジン冷却水温度 50°C 近傍以上で機能し、尿素 SCR システムはテールパイプ排出ガス温度 130°C ~ 150°C 近傍以上で機能すると考えられた。

3. 2. 運送業務走行での排出ガス低減装置の機能状態の推定

上記の結果を、運送事業用トラックによる実証試験

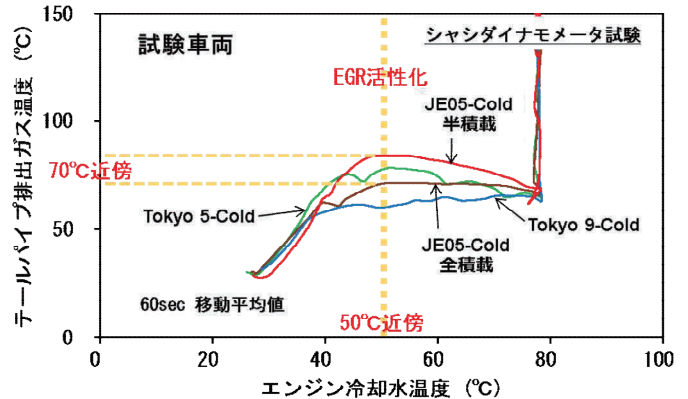


図 3 EGR 装置活性化時のエンジン冷却水温度とテールパイプでの排出ガス温度の関係

データに適用して、尿素 SCR システムの機能状態を推定できるかを検討した。図 4 に、実証試験データにおける、その日最初のエンジン始動直後のテールパイプ排出ガス温度と NOx 排出率 (g/kg-CO₂) の関係を示す。同図より、エンジン始動後 7 分程度で一旦エンジンを停止するが、その 2 分後には再始動していることがわかる。このような場合においても再始動から 5 分後には、テールパイプ排出ガス温度が 150°C 近傍まで上昇

し、それ以降は温度が上昇しても NOx 排出率が低く抑制されていることから、150°C 近傍以上で尿素 SCR システムが正常に機能しているものと推測される。以上より、このような変則的なエンジン始動条件においても、図 2 で示した方法で尿素 SCR システムの機能状態を推定できることがわかる。

図 5 に、実証試験データにおける、アイドリング時のエンジン冷却水温度、排出ガス中の O₂ 濃度および

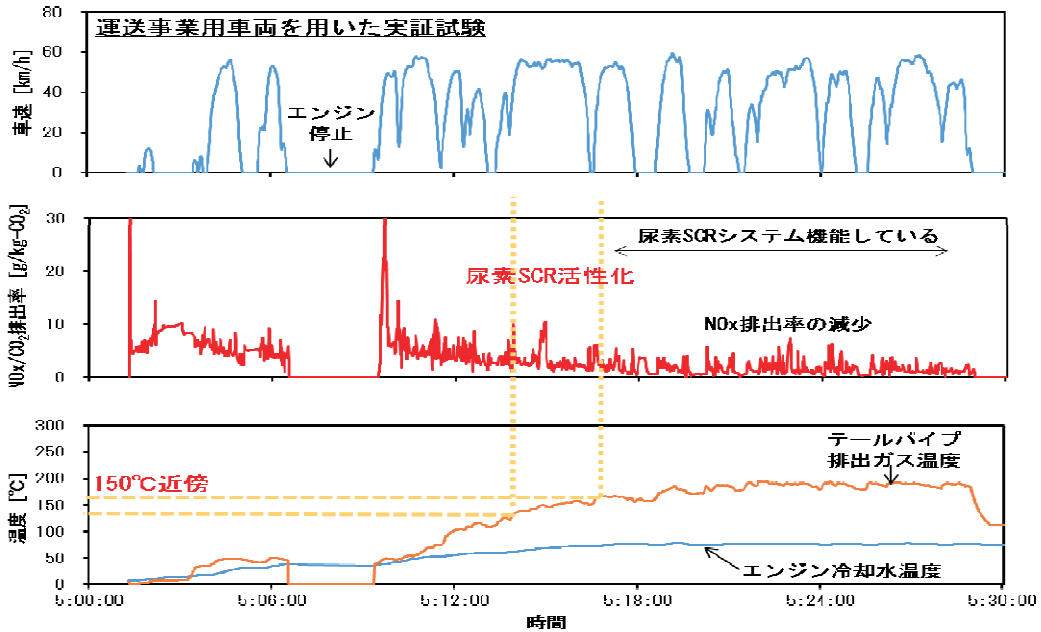


図 4 エンジン始動直後のテールパイプ排出ガス温度と NOx 排出率の関係を用いた尿素 SCR システムの機能状態の推定

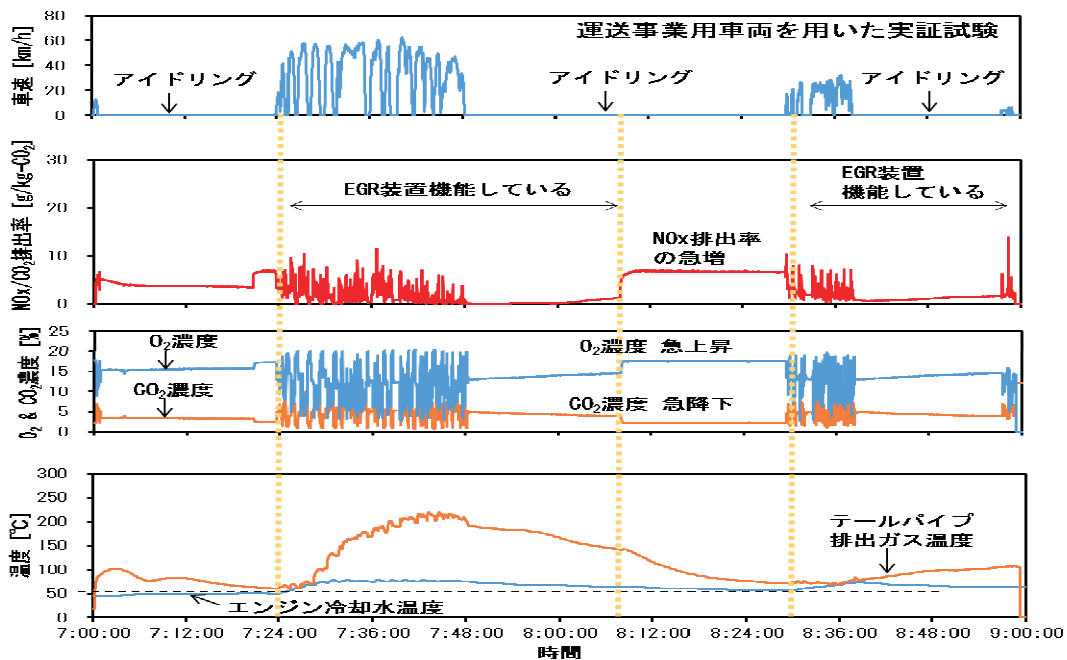


図 5 アイドリング時のエンジン冷却水温度、排出ガス中の O₂ 濃度および CO₂ 濃度、NOx 排出率の関係を用いた EGR 装置の機能状態の推定

CO₂濃度、さらにNO_x排出率 (g/kg-CO₂) の関係に注目して示す。アイドリングは、実証試験データにおいて、試験時間全体の3割程を占めていることから、診断のための運転条件として注目した。また、O₂濃度およびCO₂濃度は、SEMSを構成するNO_xセンサによる計測と演算によって取得している⁴⁾。同図より、アイドリング中において、エンジン冷却水温度が50℃近傍まで低下するとき、O₂濃度が急上昇すると同時にCO₂濃度が急降下し、さらにNO_x排出率 (g/kg-CO₂) が急増している現象が認められる。このとき吸気への排出ガスの環流が遮断されたことが推測され、この変化の前後でEGR装置が作動状態から非作動状態へと変化していることが推定される。このようにアイドリング時のEGR装置の作動状態から、EGRバルブの固着等の不具合はなく、正常に機能していることが推測できる。

4. まとめ

運送事業者が運用している車両にSEMSを装着して、運送業務走行での走行データ、排出ガスデータ等を取得した。これらのデータを用い、EGR装置および尿素SCRシステムの故障に起因する排出ガス異常状態の診断を行う際の妥当性のある評価方法を探索するため、NO_x排出挙動の評価指標としてNO_x排出率 (g/kg-CO₂) を用い、これとエンジン冷却水温度あるいはテールパイプ排出ガス温度等との関係から、EGR装置および尿素SCRシステムの機能状態を推定する方法を検討した。その結果、以下の点が明らかになった。

(1) シャシダイナモメータ試験により、EGR装置および尿素SCRシステムの機能状態推定のための基礎データを取得した。試験車両の試験条件において、EGR装置はエンジン冷却水温度50℃近傍以上で機能し、尿素SCRシステムはテールパイプ排出ガス温度130℃～150℃近傍以上で機能すると考えられた。

(2) 上記の基礎データとNO_x排出率 (g/kg-CO₂) を用いる方法を、運送事業用トラックによる実証試験データに適用して、尿素SCRシステムおよびEGR装置の機能状態を推定できるかを検討した。エンジン始動後7分程度で一旦エンジンを停止し、その2分後には再始動しているような変則的なエンジン始動条件においても、テールパイプ排出ガス温度が150℃近傍まで上昇し、それ以降は温度が上昇してもNO_x排出率が低く抑制されていることから、テールパイプ排出ガス温度とNO_x排出率を用いて尿素SCRシステムの故障診断が

可能であると考えられた。一方、EGR装置では、実証試験時間の3割程を占めるアイドリングに注目し、エンジン冷却水温度50℃近傍を閾値として、アイドリング時の排出ガス中のO₂濃度およびCO₂濃度、さらにNO_x排出率 (g/kg-CO₂) の関係からEGR装置の機能状態を推定できることを実証した。

以上より、SEMSの排出ガス異常状態の診断に対する有効性を明らかにした。

参考文献

- 1) 山本敏朗, 鈴木央一, 山口恭平, “NO_xセンサベースの車載計測器を用いた重量貨物車の路上走行時におけるNO_x排出量の測定とNO_x抑制装置の機能診断”, 自動車技術会論文集, Vol. 49, No. 3, pp. 642-649 (2018)
- 2) 山本敏朗, 堤 玲子, 水嶋教文, “車載型高機能運行記録装置を用いた重量貨物車の燃費およびNO_x排出量検査 —NO_xセンサによる燃費およびNO_x排出量測定—”, 自動車技術会論文集, Vol. 46, No. 1, pp. 191-198 (2015)
- 3) Adolfo Perujo Mateos del Parque, Pablo Mendoza Villafuerte, “PEMS Emissions Testing of Heavy Duty Vehicles/Engines”, JRC Technical Report, pp. 1-55 (2015)
http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC95340/assessment-report-final_online.pdf
- 4) 山本敏朗, 堤 玲子, 水嶋教文, 渡辺敬太郎, “NO_x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NO_x排出量評価”, 自動車技術会論文集, Vol. 46, No. 5, pp. 975-980 (2015)