

講演 4. 先進技術搭載ディーゼル乗用車等を対象にした 排出ガス路上走行検査方法の検討

自動車研究部 ※山口 恭平 小澤 正弘

1. はじめに

近年のディーゼル車では、厳しい排出ガス規制に適合するため、高圧燃料噴射システムや EGR (Exhaust Gas Recirculation)、DPF (Diesel Particulate Filter)、尿素 SCR (Selective Catalytic Reduction) 触媒などの先進技術の搭載が必須となっている。ディーゼル車に関しては、2015 年 9 月、フォルクスワーゲン社が米国で販売している車両において、排出ガス検査時のみ排出ガス低減装置を作動させる不正ソフトの搭載が米国環境保護庁 (EPA) より発表され、大きな問題となった (以下、「排出ガス不正事案」という)。この排出ガス不正事案を受けて、国内では国土交通省と環境省が合同で「排出ガス不正事案を受けたディーゼル乗用車等検査方法見直し検討会」を設置し、車両総重量 3.5 t 以下のディーゼル乗用車およびディーゼル貨物車を対象に検査方法等の見直しが検討された。検査方法等の見直しにおいては、路上走行検査の導入に向けた検討が進められ、路上走行検査を 2022 年より導入することを提言した最終とりまとめが 2017 年 4 月に公表された。本講演では交通安全環境研究所が試験や解析などを行い、検討を進めている路上走行検査方法について紹介する。

2. 路上走行検査方法の検討

大気環境保全の観点から、シャシーダイナモメータ上で走行し評価を行う台上試験と同様に、路上走行においても排出ガス低減が図られることが必要不可欠である。そのため、路上走行検査方法の策定にあたっては、不正の防止に加え、実走行環境下における排出低減を確実にする検査方法にすべきとした基本的な考え方のもと、先行して検討が進められている欧州の RDE (Real Driving Emissions) 試験法²⁾を参考に、国内の走行環境などを反映した路上走行検査方法の検討を行ってきた。ここでは、これまでの検討内容を

「走行条件」、「環境条件」、「車両条件」、「運転条件」、「試験結果の評価」の 5 項目に大別して、それぞれの詳細を欧州の RDE 試験法と比較して説明する。

2. 1. 走行条件

走行条件として、ここでは走行ルートに関連した下記の 5 項目を取り上げる。

1) ルート選定および走行順序

欧州 RDE 試験法では、試験走行を都市内 (Urban)、都市間 (Rural)、高速 (Motorway) 走行に区分しており、走行ルートは全ての走行区分を含むとともに都市内、都市間、高速の順序で構成されることが基本とされている。走行順序については、台上試験の試験サイクルである WLTC (Worldwide Light-duty Test Cycles、図 1) が Low、Medium、High、Extra High フェーズの順序で構成されており、各フェーズの平均速度は走行順序に応じて高くなることに準じている。

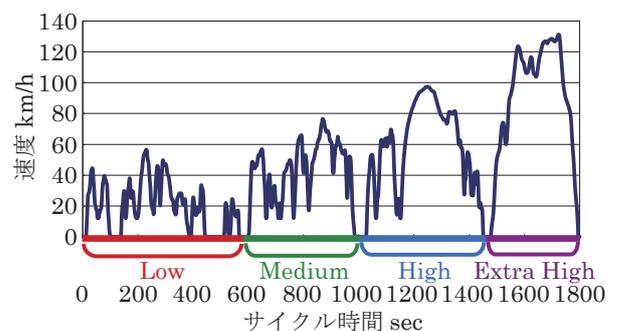


図 1 WLTC 速度パターン

一方、走行環境が欧州と異なる国内では、制限速度等から都市内と都市間走行を明確に区別することは困難であることから、一般道路と高速道路で構成されるルートとし、走行順序は欧州と同様の考え方から一般道路、高速道路の順序とした。

2) 走行区分毎の速度条件および距離比率

欧州 RDE 試験法では、走行区分を走行速度で分類しており、各区分に対して走行距離比率が規定されて

いる。各走行区分における速度範囲と走行距離比率を表 1 に示す。規定された走行距離比率には欧州の走行実態が反映されており、4 フェーズで構成される WLTC の速度パターンに対して欧州 RDE 試験法の走行区分を適用した場合、各区分の走行距離比率は概ね等しく、規定を満たす比率になっている。

表 1 各走行区分の速度範囲と走行距離比率 (欧州)

走行区分	速度 km/h	走行距離比率 %
都市内	速度 ≤ 60	29~44
都市間	60 < 速度 ≤ 90	33 ± 10
高速	90 < 速度	33 ± 10

国内では走行環境の違いから、欧州 RDE 試験法と同様の走行区分を適用することは難しいため、走行区分は一般道路での走行を想定した低速および中速走行、高速道路での走行を想定した高速走行の 3 区分とし、表 2 に示す速度範囲と走行距離比率を設定した。低速と中速を区分する速度閾値に関しては、WLTC の Low および Medium フェーズにおける走行速度と走行距離を考慮して 40 km/h とし、中速と高速を区分する速度閾値は一般道路の最高制限速度等を考慮して 60 km/h とした。また、走行距離比率について、国内の台上試験では WLTC の Low、Medium、High の 3 フェーズで評価を行うことから、3 フェーズの速度パターンに 40、60 km/h の速度閾値を適用して算出した各区分の走行距離比率を基に規定した。

表 2 各走行区分の速度範囲と走行距離比率 (国内)

走行区分	速度 km/h	走行距離比率 %
低速	速度 ≤ 40	20~35
中速	40 < 速度 ≤ 60	30 ± 10
高速	60 < 速度	45 ± 10

3) 試験時間および走行距離

試験時間については、評価に必要なデータ数の確保および運転者の疲労等を考慮し、欧州 RDE 試験法と同様に 90 分以上 120 分以下とした。

また、走行距離に関して、欧州 RDE 試験法では最低走行距離が規定されており、都市内、都市間、高速の各走行区分で 16 km 以上の走行が必要となる。国内においては、先で述べた走行区分毎の距離比率と試験時間の規定を満たす条件であれば、評価に必要な一定の走行距離を確保出来ることを見込まれ、最低走行距離は設定しないこととした。

4) 標高および勾配

標高に関して、欧州 RDE 試験法では 1300 m 以下で試験を実施するよう規定されている。ただし、標高の高い場所では空気密度が低下することで、エンジンの燃焼不良等につながる可能性がある。そのため、NO_x 低減対策の一つである EGR を減量する必要性が一定程度認められることから、700 m よりも高い標高で走行した区間における排出量は補正係数 1.6 で除して評価することとしている。国内においては、標高 1000 m 以上で供用されている高速道路の実延長が約 19 km に留まることなどを考慮し、標高の上限は 1000 m とした。また、700 m を超える標高で走行した区間のデータは、欧州と同様の取扱いとした。

勾配については、始点と終点の標高差が大きい場合はもちろんのこと、標高差が小さい場合であっても、ルート途中における標高の変化が大きくなることで試験結果の排出量は影響を受ける。走行ルートによって試験結果に大きな差異が生じることを防ぐため、欧州 RDE 試験法では、始点と終点の標高差は 100 m 以下、登りの累積高度は 1200 m/100km (走行 100 km あたりの累積高度) 未満としており、国内でも同様の規定とした。

5) その他条件

停止時間に関する条件について、欧州 RDE 試験法では、10 秒以上の停止 (速度が 1 km/h 未満) が複数回あり、停止時間の合計は都市内走行時間の 6% 以上 30% 未満と規定している。また、1 回あたりの停止時間も 300 秒を上限としている。国内においては、1 回あたりの停止時間に欧州と同じ規定を採用する一方、停止時間の割合に関しては、走行環境の違いを考慮する必要があるため、WLTC における Extra High フェーズの有無による停止時間割合の違いを参考に、低速走行に分類される総時間の 7% 以上 36% 未満とした。

2. 2. 環境条件

気温について、欧州 RDE 試験法では、-7 °C 以上 35 °C 以下の環境下において実施することが規定されており、試験途中で一時的に温度範囲から外れた場合であっても、その試験は無効となる。なお、0 °C 未満の低温条件や 30 °C を超える高温条件で走行した区間の排出量は補正係数 1.6 で除して評価することとしている。一方、国内においては走行環境の実態を反映させるため、県庁所在地の気温データや都道府県別の交通量データなどを参考に、-2 °C 以上 38 °C 以下を気温

条件とした。ただし、0℃未満の低温条件や35℃を超える高温条件で走行した際は、排出量を補正係数1.6で除して評価することとした。なお、試験中の車両周辺における気温が規定の温度範囲を外れた場合、基本的に試験は無効となるが、評価の結果、排出ガス量が規制値を満たせば、有効な試験として取り扱うことを認めている。

天候に関しては、国内においても欧州と同様に規定しないこととしたが、安全が確保される範囲内で実施すべきとした。

2. 3. 車両条件

車両条件として、下記の4項目を取り上げる。

1) 車載式排出ガス測定システム (PEMS) の設置

PEMS (Portable Emissions Measurement System) の設置に関して、欧州では各国の法規に従って PEMS を設置することとしており、国内においても同様に道路運送車両法等の関係法令を遵守する必要がある。また、試験車両の排出ガス性能に影響を及ぼさないように PEMS を設置するだけでなく、計測精度を確保するため、排出ガス流量計の前後に設ける直線部の長さなどの要件が欧州 RDE 試験法では規定されており、国内においても同様とした。

2) 試験自動車重量

排出ガス性能に影響を及ぼしうる要素である試験自動車重量は、欧州 RDE 試験法と同様に国内においても、車両重量 (空車重量) に運転手、立会人、試験装置を加えた重量を基本とし、以下の式で求める重量 (paymass90%重量) を試験自動車重量の上限とした。

$$\begin{aligned} \text{paymass90\%重量} &= \text{空車重量} + \text{運転手 (75 kg)} \\ &+ \text{最大オプション重量} + (\text{最大許容重量} - \text{空車重量} \\ &- \text{運転手} - \text{最大オプション重量}) \times 0.9 \end{aligned} \quad (1)$$

3) 暖機状態

欧州 RDE 試験法ではコールド (エンジン冷機状態) スタートとホット (エンジン暖機状態) スタートでの測定が義務付けられている。また、コールドスタートのプレコンディショニング条件については、30分以上の事前走行を行った後、2.1.および 2.2.節で述べた標高と気温の条件を満たす環境下で6時間以上56時間以下ソークすることが規定されている。

一方、国内では台上試験の WLTC がコールドスタート試験のみでの評価となることを考慮し、路上走行検査もコールドスタートで測定を行うこととした。また、プレコンディショニング条件は、ソーク環境に関

する標高および気温条件が欧州 RDE 試験法と異なるが、その他条件は欧州と同様の規定とした。

4) 補機類の使用

エアコン等の補機に関して、欧州では想定される一般的な使用方法での操作を許可しており、国内においても同様とした。

2. 4. 運転条件

運転方法については、制限速度を遵守した上で、加速が極端にならないよう留意する必要がある。欧州 RDE 試験法では加速時の走行動態を評価しており、加速が緩急いずれか極端であった場合には試験不成立となる。走行動態の評価においては、RPA (Relative Positive Acceleration) と $v \cdot a_{pos}$ [95] が評価の指標として用いられる。RPA とは、加速が過度に緩やかとなっていないかを判定する指標であり、加速時 (加速度が 0.1 m/s^2 以上) のデータを対象に、単位重量あたりの仕事量を積算し、走行距離で除することで求める。一方、 $v \cdot a_{pos}$ [95] は、過度な急加速をしていないかを判定する指標であり、加速時 (加速度が 0.1 m/s^2 以上) のデータを対象に、単位重量あたりの仕事率を昇順に並べた際の 95% タイル値を指す。なお、RPA と $v \cdot a_{pos}$ [95] は都市内、都市間、高速の各走行区分で判定される。国内においても、走行動態の評価は欧州と同様の方法を採用するが、走行環境の違いを考慮して、判定を行う区分は 60 km/h 以下と 60 km/h 超の2区分とした。

2. 5. 試験結果の評価

1) 評価方法

欧州 RDE 試験法では、Moving Averaging Window 法 (以下、「MAW 法」という) または Power Binning 法で排出ガス値を評価することが規定されている。今後、MAW 法に一本化することが検討されており、国内においては、MAW 法で評価することとした。

ここで、MAW 法を具体的に説明する。MAW 法では、台上試験で WLTC を走行した際の CO_2 排出量 (g/test) の 50% を基準とし、1 秒毎に生成される各 Window (移動平均処理を行う区間を定義) において、基準となる CO_2 排出量に達するまでの区間を対象に平均速度と各排出ガス量を算出する。それらの算出データを図 2 に示すように速度と CO_2 排出量 (g/km) の関係で整理し、都市内、都市間、高速走行に分類する。そして、急加速等の極端な運転をした際のデータによる影響を低減するため、台上試験で WLTC を走

行した際の各フェーズにおける CO₂ 排出量を基に定義される CO₂ Characteristic Curve を標準的な運転をした際の基準 CO₂ 排出量とし、その基準の±25%にあたる Tolerance1 の範囲内に存在するデータは全て採用され、±50%である Tolerance2 から外れるデータは除外し、Tolerance1 と Tolerance2 の間に存在するデータは重み付けをした上で採用される。これらの処理を経て得られた各 Window の排出ガス量を加重平均し、各走行区分および試験全体の排出量が算出される。その他にも、各走行区分に分類される Window 数の比率 (Test Completeness) や Tolerance1 の範囲内に存在する Window 数の比率 (Test Normality) も規定され、極端な運転により CO₂ 排出量が基準値から大きく乖離した特異なデータは排除して、試験結果のばらつきを抑制する工夫がなされている。なお、上述の評価においては閾値等の様々な条件が規定されており、国内では欧州 RDE 試験法の規定を一部変更して適用した。変更した主な項目を表 3 に示す。国内と欧州では走行環境だけでなく、WLTC による台上試験で適用されるフェーズが異なることを考慮して、各項目を規定した。

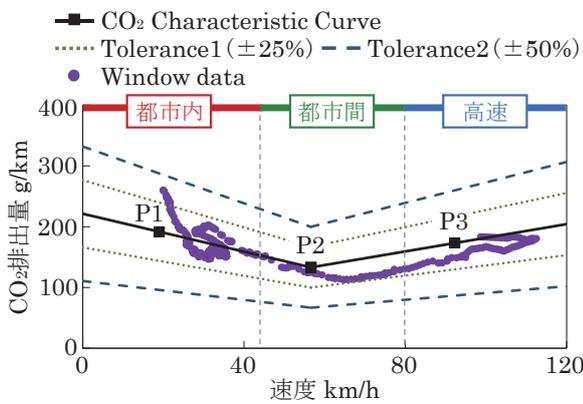


図 2 Moving Averaging Window 法

表 3 MAW 法の主な変更点

変更項目	国内	欧州
走行区分の速度閾値	都市内・都市間：30 km/h 都市間・高速：50 km/h	都市内・都市間：45 km/h 都市間・高速：80 km/h
WindowのCO ₂ 排出量を規定する試験サイクル	WLTCの3フェーズ (Low, Medium, High)	WLTCの4フェーズ (Low, Medium, High, Extra High)
CO ₂ Characteristic Curve の基準点	P1 (19.0 km/h) : LowフェーズCO ₂ 排出量 ×1.1 P2 (56.6 km/h) : HighフェーズCO ₂ 排出量 ×1.1 P3: 設定せず (中速より高い速度は HighフェーズCO ₂ 排出量 ×1.1)	P1 (19.0 km/h) : LowフェーズCO ₂ 排出量 ×1.2 P2 (56.6 km/h) : HighフェーズCO ₂ 排出量 ×1.1 P3 (92.3 km/h) : Extra Highフェーズ CO ₂ 排出量×1.05
Test Completenessの要件	各走行区分のWindow数は全Window数の10%以上	各走行区分のWindow数は全Window数の15%以上

2) 規制対象成分と規制値

欧州では NO_x と PN (Particulate Number) を規制対象成分としているが、国内においては、ディーゼル車両から排出される NO_x が台上走行と路上走行時で乖離が生じている問題を最優先で解決すべきと考え、当面は NO_x のみを規制対象とした。

そして、規制値は CF (Conformity Factor) 値 (台上試験の規制値に対する倍数) として定め、国内と欧州の CF 値を表 4 に示す。欧州では NO_x の CF 値を適宜見直し、2023 年までに CF 値=1.0 を目指すとしている。国内では、様々な条件下で路上走行した際のデータを基に検討し、CF 値を 2.0 に設定した。なお、欧州では試験全体だけでなく、都市内走行単独の排出ガス量においても CF 値を満たすことが義務付けられている。国内においては、試験全体に加え、主に一般道路を走行した際のデータとなる都市内と都市間走行をあわせた排出ガス量も規制の対象とした。

表 4 国内と欧州の CF 値

		NO _x	PN
日本		2.0	—
欧州	2017年～	2.1	1.5
	2020年～	1.5	1.5

3. おわりに

本講演ではリアルワールドの環境保全を実現するために検討を進めている路上走行検査方法について、走行条件、環境条件、車両条件、運転条件、試験結果の評価に分けて検討内容を紹介した。交通安全環境研究所では今後も国土交通省等と連携して、実走行時の排出ガス低減に有効な検査方法の策定や国際基準調和に貢献すべく、試験、調査等を実施していく。

参考文献

- 1) 国土交通省・環境省 発表資料, 排出ガス不正事案を受けたディーゼル乗用車等検査方法見直し検討会資料,
http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000035.html, (参照 2017.08.04)
http://www.env.go.jp/air/car/conf_diesel/post_9.html, (参照 2017.08.04)
- 2) Official Journal of the European Union, L 175,
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=OJ:L:2017:175:TOC>, (参照 2017.08.04)