

3. 世界統一試験サイクルにおける燃費および排出ガス性能について

－車両試験結果からわかる JC08 モードとの違い－

環境研究領域

※山口 恭平

鈴木 央一

1. はじめに

乗用車をはじめとする軽・中量車を対象にした排出ガスおよび燃費の認証試験方法は現在、国や地域ごとに設定されており、メーカーが各国で自動車の認証を取得するためにはそれぞれの方法で試験をする必要がある。それがメーカーの大きな負担となっている背景などから、試験サイクルや試験方法の国際統一化を目指し、国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム (UN-ECE/WP29) において、議論が行われている。乗用車等の国際調和排出ガス・燃費試験法（以下、「WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure)」という）については、2008 年より策定に向けた活動が開始され、2014 年 3 月に開催された第 162 回 WP29 において、WLTP の世界統一技術規則 (GTR No.15) ¹⁾ が採択された。現在、日本国内において WLTP 導入に向けた議論が進められているが、現行の道路運送車両の保安基準の細目を定める告示 (平成 14 年国土交通省告示第 619 号) 別添 42 軽・中量車排出ガスの測定方法（以下、「現行試験法」という）により認証試験が行われた車両、つまり、現行試験法を考慮して適合された車両を対象に、WLTP を評価した際の排出ガスおよび燃費性能が明確ではない。そこで、本報では車両諸元や採用技術の異なる様々な車両を対象に測定した結果から、WLTP における排出ガスおよび燃費性能の傾向や現行試験法による測定結果との違いについて報告する。

2. WLTP と現行試験法の主な違い

排出ガスおよび燃費性能の評価に先立ち、本章では WLTP と現行試験法の違いについて述べる。ここでは、主な違いとして、

- ・試験サイクル
- ・試験自動車重量
- ・冷機状態の影響度

を取り上げる。これらは試験結果に大きく影響しうる要素である。そこで、それぞれの詳細を以下の節で説明する。

2. 1. 試験サイクル

WLTP における試験サイクルは WLTC (Worldwide Light-duty Test Cycles) と呼ばれ、車両の最高出力と空車重量の比である P_{mr} (Power Mass ratio) と最高速度に応じ、適用されるサイクルが異なる。車両クラスに応じた適用サイクルの一覧を図 1 に示す。現在、日本で認証を受けている軽・中量車では、ごく一部の軽自動車 Class 2 に該当するほかは、ほぼ全ての車両が Class 3 に分類される。その Class 3 においても、車両の最高速度が 120 km/h 未満の Class 3a とそれ以上の Class 3b に分けられ、Class 3a に該当する車両には Low₃、Medium₃₋₁、High₃₋₁、Extra High₃ の 4 フェーズ、Class 3b の車両には Low₃、Medium₃₋₂、High₃₋₂、Extra High₃ の 4 フェーズが適用される。なお、Extra High₃ フェーズは、サイクル中の最高速度が約 130 km/h に達することから、各締結国にその選択が委ねられており、日本においては Extra High フェーズを除いた 3 フェーズを対象に評価する方向で検討されている。そのため、今回の試験では Low、Medium、High の 3 フェーズを対象に評価を実施した。

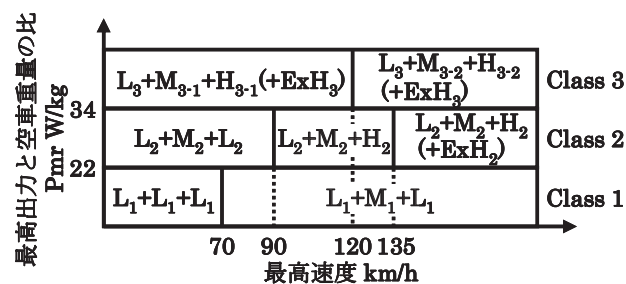
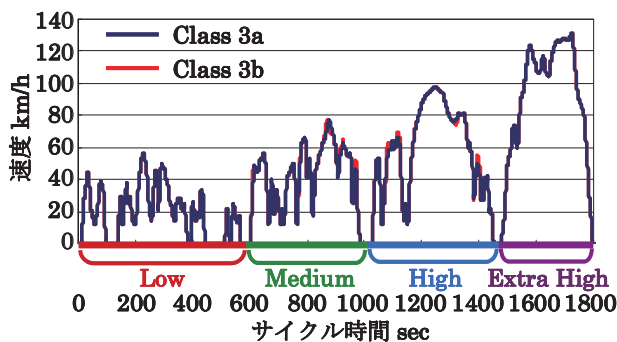
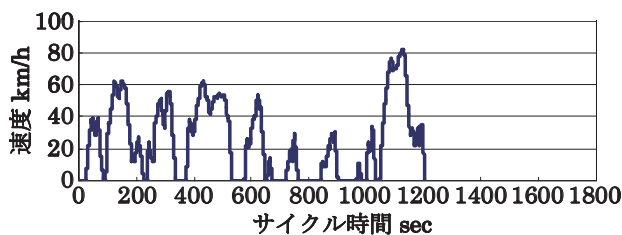


図1 WLTC の適用サイクル一覧

ここで、Class 3a と Class 3b の車速パターンを、現行試験法の試験サイクルである JC08 モードと比較して、図 2 に示す。また、それぞれの試験サイクルの特徴を表 1 に示す。JC08 モードは日本の走行実態を反映して、発進停止の多い都市内走行を中心に構成されているのに対し、WLTC は日本に比べ、郊外や高速道路での走行頻度が高い世界の実態が反映された試験サイクルである。そのため、WLTC は、JC08 モードに比べ、最高速度が高だけでなく、高速走行する時間も長くなり、また、アイドリング時間の比率が半減することから、平均速度は 1.5 倍高くなっている。そして、JC08 モードは全体 1204 秒間に 11 のショートトリップが設定されているのに対し、WLTC では Extra High₃ フェーズを除いた 1477 秒間のショートトリップ数は 7 にとどまり、発進停止の頻度も少ないといった違いがある。



(a) WLTC (Class 3a、Class 3b)



(b) JC08 モード

図 2 車速パターン

表 1 試験サイクル比較

試験サイクル	JC08 モード	WLTC [*]	
		Class 3a	Class 3b
試験時間 sec	1204	1477	1477
走行距離 km	8.172	14.936	15.012
平均速度 km/h	24.4	36.4	36.6
最高速度 km/h	81.6	97.4	97.4
アイドリング比率 %	29.7	15.4	15.4

^{*} Extra High₃ フェーズを除く

2. 2. 試験自動車重量

現行試験法ではいかなる車両においても車両重量（空車重量）に乗員 2 名分相当の 110 kg を加えた試験自動車重量に応じて、定められた重量（等価慣性重量）をシャシダイナモに設定するよう決められている。一方、WLTP では車両の乗車定員や積載能力も考慮した重量を設定することになっている。そのため、大人数乗車可能な車両や最大積載量の多い貨物車においては、シャシダイナモに設定される重量が現行試験法に比べ、大幅に増加し、アクセルをより踏み込んだ走行が必要になることが想定される。参考までに、WLTP において vehicle H と定義される車両仕様（同一のパワー・ドライブトレインを搭載する車両の中でも、重量などの走行抵抗に影響する要素に関して、試験サイクルを走行するための仕事量が最大となる仕様）を対象にした試験自動車重量 TM_H (Test Mass for vehicle H) の算出式を以下に示す。なお、今回の試験では TM_H を WLTP の試験自動車重量として設定した。

$$\begin{aligned}
 TM_H = & (\text{the mass in running order}) + 25 \text{ kg} \\
 & + (\text{the mass of the optional equipment of vehicle H}) \\
 & + (\text{the mass of representative of the vehicle load}) \\
 & \dots \quad (1)
 \end{aligned}$$

the mass in running order :

空車重量に運転手 1 名相当の 75 kg を加えた重量

25 kg : 手荷物を想定した重量

the mass of the optional equipment of vehicle H :

空車重量に含まれないオプション装備の重量

the mass of representative of the vehicle load :

最大許容重量から上記の 3 重量を除いた値に積載率（乗用車：15 %、貨物車：28 %）を乗じた重量

2. 3. 冷機状態の影響度

試験方法について、現行試験法では冷機状態から試験を開始するコールドスタート試験と暖機された状態で試験を実施するホットスタート試験を行い、重み係数（コールドスタート：0.25、ホットスタート：0.75）を用いてコンバインした値がその車両の排出ガスおよび燃費値となる。なお、排出ガス規制や燃費基準ではそのコンバイン値が対象となる。一方の WLTP はコールドスタート試験のみでの評価となる。それぞれの走行距離の違いを考慮しても、排出ガスおよび燃費の面で厳しい冷機状態の影響度が高くなるといえる。そのため、試験開始直後の冷間始動における性能が従来以上に重要となることが予想される。

3. WLTPにおける排出ガスおよび燃費性能

3. 1. 試験車両

今回の試験は、車両諸元や採用技術の異なる計 10 台のガソリンエンジン搭載車両を対象に行った。使用した車両の諸元を表 2 に、各車両に搭載されている主要燃費向上対策の一覧を表 3 に示す。

表 2 試験車両諸元

	A	B	C	D	E
登録年	H23	H26	H26	H24	H23
種別・用途	軽乗用	軽貨物	軽貨物	小型乗用	小型貨物
車体形状	SW ^{*1}	バン	キャブ ^{*2}	箱形	バン
総排気量 L	0.65	0.65	0.65	1.19	1.49
乗車定員 人	4	2(4)	2	5	2(5)
最大積載量 kg	—	350(250)	350	—	450(300)
現行試験法における試験車両重量 kg	1100	1000	810	1200	1250
WLTPにおける試験車両重量 T_{M_H} kg	1142	1185	923	1240	1406
	F	G	H	I	J
登録年	H25	H24	H26	H25	H24
種別・用途	普通乗用	小型乗用	普通乗用	普通乗用	普通乗用
車体形状	箱形	SW ^{*1}	SW ^{*1}	箱形	箱形
総排気量 L	1.59	1.79	1.99	2.49	3.49
乗車定員 人	5	7	5	5	5
最大積載量 kg	—	—	—	—	—
現行試験法における試験車両重量 kg	1580	1460	1640	1760	1860
WLTPにおける試験車両重量 T_{M_H} kg	1642	1554	1688	1865	2053

^{*1}SW：ステーションワゴン、^{*2}キャブ：キャブオーバ

表 3 主要燃費向上対策

	A	B	C	D	E
アイドリングストップ				○	
筒内直接燃料噴射				○	
可変バルブタイミング			○	○	○
充電制御				○	
ハイブリッドシステム					
自動無段変速機				○	
過給ダウンサイジング				○	
	F	G	H	I	J
アイドリングストップ	○		○	○	○
筒内直接燃料噴射	○		○	○	○
可変バルブタイミング	○	○	○	○	○
充電制御	○	○	○		○
ハイブリッドシステム				○	
自動無段変速機		○	○	○	
過給ダウンサイジング	○				

3. 2. 排出ガスおよび燃費性能の傾向と比較

10 台の試験車両における WLTP と現行試験法による排出ガスおよび燃費性能の相関を図 3 に示す。なお、現行試験法による測定結果はコールドスタート試験とホットスタート試験の結果をコンバインした値を記載し、また、WLTP と現行試験法の値が 1 : 1 となる直線を図中に黒線で示した。

はじめに、排出ガス性能について述べる。図 3 より、多くの車両において、各排出ガス成分の排出量は現行試験法の値に比べ、増加しており、一部の車両では現在の排出ガス規制値（平均基準値）を超過する結果となった。これは 2 章で挙げた 3 要素の影響と考えられ

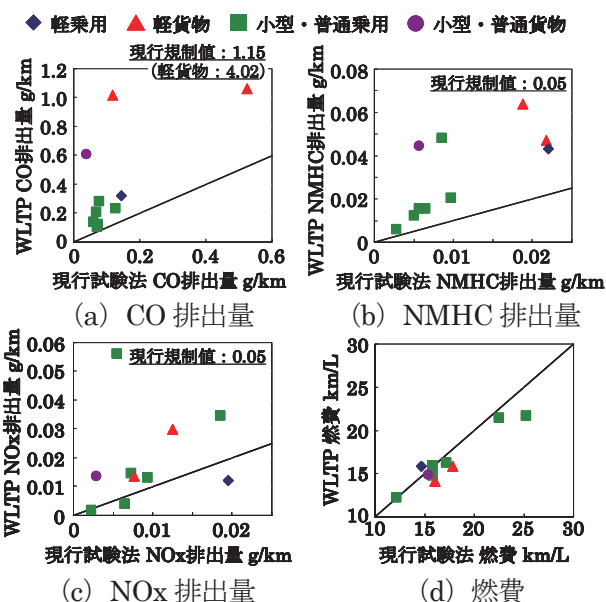


図 3 排出ガスおよび燃費性能

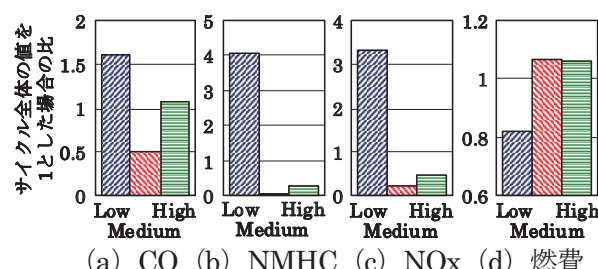


図 4 WLTC フェーズ毎の排出量と燃費（車両 B）

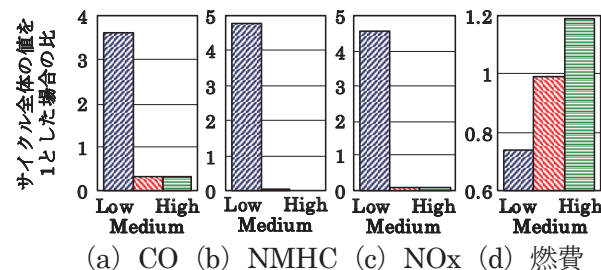


図 5 WLTC フェーズ毎の排出量と燃費（車両 F）

る。そこで、各要素の影響を解析するため、車両 B と F を対象に、WLTC の各フェーズにおける排出量と燃費のサイクル全体値に対する比率を算出し、図 4、5 に示した。車両 B と F 共に、多くは試験開始直後の Low フェーズにおける排出であることから、現行試験法に比べ、冷機状態の影響度が大幅に高まり、サイクル全体の排出量は増加傾向を示したと考えられる。また、サイクル全体の排出量に大きく影響する Low フェーズに関して、試験開始直後のアイドリング時間に着目すると、JC08 モードでは 26 秒であるのに対し、WLTC では 11 秒と大幅に短くなっている。そのため、走行開始時点では触媒が活性化しておらず、浄化性能を十分に発揮出来ない状態であることが推察され、試

験開始直後の排出量増加に繋がることが予想される。ここで、その傾向が顕著に見られた例として、車両 E の WLTP と現行試験法（コールドスタート試験）の希釈 THC 濃度履歴を図 6 に示す。いずれのサイクルも最初の発進後、40 km/h 程度まで加速する点では類似しているが、WLTP のみ大幅に高い濃度の排出が見られることから、試験開始直後のアイドリング時間が大きく影響しているといえる。ただし、貨物車である車両 E は試験自動車重量が現行試験法に比べ大幅に増加することも、影響していると考えられる。以上の結果から、WLTP では冷間始動における排出ガス対策が極めて重要になるといえる。ここまで、試験開始直後の排出ガス性能について述べたが、図 4 に示す車両 B の CO 排出では、触媒が十分に活性化していることが想像される High フェーズにおいても排出量が多い。これは、現行の JC08 モードよりも高い速度を、試験自動車重量が大幅に増加する貨物車で走行したため、エンジン回転数や負荷が高くなり、触媒保護等を目的とした空燃比のエンリッチ制御が行われたことが要因と推察される。ただし、小型・普通乗用車では、図 5 の車両 F のように High フェーズにおいてもエンリッチ制御に起因した CO 排出の増加は見られないことから、 P_{mr} が低い軽乗用車や試験自動車重量が増加する貨物車の一部において生じることが予想される。貨物車等では、最新の排出ガス対策や燃費向上技術が真っ先に採用されることが少ないこともあり、今後は対策の導入が必要になる可能性がある。

続いて、燃費性能に着目すると、図 3 より、排出ガス性能とは異なって、現行試験法に近い燃費値を示す車両が多い。WLTP では冷機状態の影響度が高まり、燃費悪化に繋がる一方で、サイクルの平均速度が高くなり燃費は改善され、それぞれの影響が相殺された結果と考えられる。しかし、軽貨物車や燃費が 20 km/L を超えるような低燃費車では悪化傾向を示している。多くの車両は、図 5 の車両 F のように、加減速が少なく、高速走行を行う High フェーズでは Low、Medium フェーズに比べ低燃費となるが、軽貨物車では High フェーズにおいて、JC08 モードよりも大幅に高いエンジン回転数で走行することに加え、上述のエンリッチ制御が行われるため、High フェーズの燃費が改善されず、サイクル全体の燃費は現行試験法の値に比べ、悪化したことが図 4 より推察される。また、燃費が 20 km/L を超えるような車両はアイドリングスト

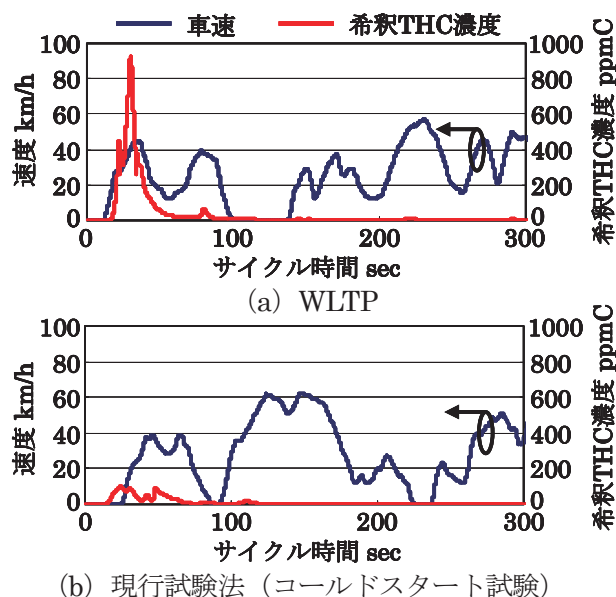


図 6 試験開始直後の希釈 THC* 濃度履歴(車両 E)
* Total HydroCarbons

ップ機能やハイブリッドシステムが搭載されており、WLTC においてアイドリング時間が減少することや最高速度が高くなることで燃費の悪化に影響したと考えられる。特に、ハイブリッド車では冷機状態における燃費の悪化割合が大きいことや高速走行時に燃費が向上しない測定例²⁾があり、今後は上記の要因も考慮した開発が進められると予想される。

4. まとめ

乗用車等の国際調和排出ガス・燃費試験法 (WLTP) について、その特徴を紹介するとともに様々な車両で評価した結果から得られた傾向等を以下にまとめる。

- (1) WLTP と現行試験法の主な違いとして、試験サイクル、試験自動車重量、冷機状態の影響度が挙げられ、それらは試験結果に大きく影響する。
- (2) WLTP の排出ガス性能は現行試験法に比べ、概ね排出増加傾向を示す。WLTP では試験開始直後の排出がサイクル全体の値に大きく影響するため、冷間始動時の排出ガス対策が極めて重要になる。また、一部の車両では高速走行やそこに至る加速でのエンリッチ制御による CO 排出が課題となる。
- (3) WLTP と現行試験法の燃費は近い値を示す車両が多い。しかし、軽貨物車や低燃費車の一部では悪化傾向を示す。

5. 参考文献

- 1) UN-GTR No.15、“Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure”
- 2) 鈴木他、“公表燃費と実際の燃費、なぜ差が出るのか(第 1 報)”,交通安全環境研究所フォーラム 2012