

論文・解説

13

## 新長期排出ガス規制対応 ボンゴ用New MZR-CDの紹介 Introduction of New MZR-CD for BONGO to Meet JPN05 Emission Regulation

柚木伸夫<sup>\*1</sup> 上奥慎二<sup>\*2</sup> 廣瀬倫之<sup>\*3</sup>

Nobuo Yunoki

Shinji Ueoku

Tomoyuki Hirose

西村博幸<sup>\*4</sup> 白橋尚俊<sup>\*5</sup> 杉本亮<sup>\*6</sup>

Hiroyuki Nishimura

Naotoshi Shirahashi

Akira Sugimoto

### 要約

マイナーチェンジした「ボンゴバン」、「ボンゴトラック」、「ボンゴブローニイバン」(以下ボンゴシリーズ)に搭載した、新MZR-CDエンジンの特徴と採用技術について紹介する。本エンジンは従来モデルと同等の出力性能を維持しながら、新長期排出ガス規制に適合した。加えて、従来モデルより導入したディーゼルパーティキュレートフィルタ(以下DPF)のシステム改良と、NVHの低減により商品性を向上させた。

### Summary

This paper describes the characteristics and technologies of the new MZR-CD engine used in the minor change model of “BONGO VAN”, “BONGO TRUCK”, and “BONGO BRAWNY VAN”. This engine corresponded to the JPN05 emission regulations while maintaining the output performance equal to the old model. In addition, marketability been better by improving the system of the diesel particulate and NVH.

### 1. はじめに

2004年より国内導入したDPF搭載のボンゴシリーズは、従来の優れた積載性、安全性、扱いやすさそのままに、クラス初のDPF採用により、「首都圏ディーゼル車規制条例」、「自動車NOx・PM法」に対応し、日本全国どこでも登録が可能となり、ユーザの好評を得てきた。<sup>(1)</sup>

今回のマイナーチェンジは、新長期排出ガス規制対応を主な目的としているが、同時に、様々な環境/使用条件に対してより最適なシステムに改良すべく、開発を行った。本稿では、その内容について紹介する。

### 2. 開発の狙い

新MZR-CDエンジンにおける開発の狙いは、以下のとおりである。

- 1) 動力性能(出力,トルク)は従来モデルを維持しつつ、新長期排出ガス規制に適合
- 2) DPFシステムの改良進化

### 3) 低NVH化

Table 1に新MZR-CDエンジンの主要緒元及び、これらの狙いを達成するため従来モデルをベースに新しく導入した技術を示す。

Table 1 Main Specification

MODEL	MZR-CD	NEW MZR-CD	
Combustion type	Direct injection	←	
Displacement(ml)	1998	←	
Max. power(kW/rpm)	63/3500	←	
Max. torque(Nm/rpm)	178/2000	←	
Fuel economy(km/l)	15.4	15.6	
※1015mode	14.0	14.2	
Bore × Stroke(mm)	86 × 86	←	
Compression ratio	18.4	16.7	
Valve system	16Valve OHC	←	
Variable swirl system	with	N/A	
Intake shutter valve	DC MOTOR	←	
EGR valve	DIAPHRAGM	DC MOTOR	
EGR cooler	with	High efficiency	
Valve timing	IN	Open BTDC	6°
		Close ABDC	30°
	EX	Open BBDC	41°
		Close ATDC	8°
Valve lift(mm)	IN:10mm ,EX:8mm	←	
Fuel injection system	Common rail system	←	
DPF capacity(L)	1.90	2.47	
A/F sensor	N/A	with	
Exhaust gas emission level	JPN03	JPN05	
Glow plug	Metal type	Ceramic type	
Fuel Injector	Base	Small diameter & multi hole type	

\*1, 2 エンジン設計部  
Engine Engineering Dept.

\*6 ㈱マツダE&T  
Mazda Engineering & Technology Co., Ltd.

\*3~5 エンジン実研部  
Engine Testing & Research Dept.

### 3. エンジンの特徴

#### 3.1 排出ガス・動力性能

新MZR-CDエンジンは、従来モデルをベースに、低圧縮比化、インジェクタノズルの小径多噴孔化、EGRクーラの効率アップ、ターボチャージャの過給特性の見直し、A/Fセンサを用いた精密なEGR制御システムを採用した。これらハードウェアの変更と、EGR量と燃料噴射圧力、噴射タイミングの最適化により、従来モデルと出力、トルクを同等とした上で、新長期排出ガス規制に適合させた。Fig.1にエンジンシステム、Fig.2にエンジン性能曲線、Fig.3に排出ガスの達成レベルを示す。

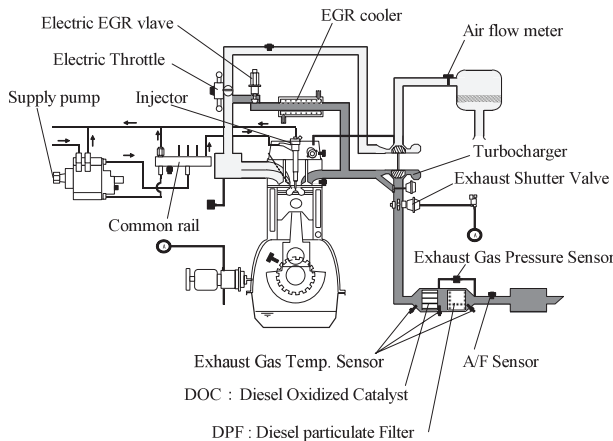


Fig.1 Engine Control System Diagram

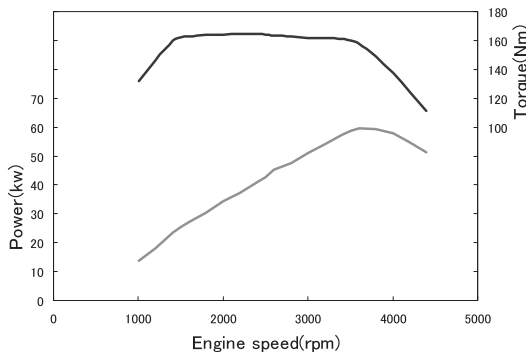


Fig.2 Output Performance

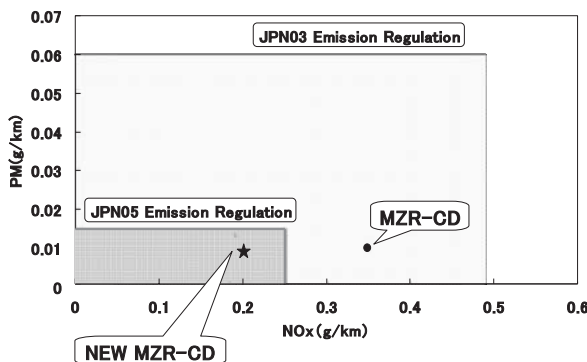


Fig.3 Exhaust Emission Performance

#### 3.2 ピストン

ピストンは従来構造をベースに燃焼改善を目的として低圧縮比化を図った。具体的には、燃焼室直径を大きくする方向で燃焼室容積と形状を変更した。Fig.4にピストンカット図を示す。

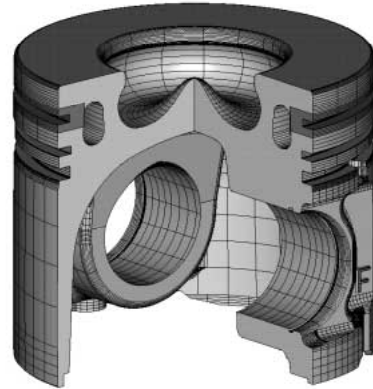


Fig.4 Low Compression EVVC Piston (EVVC : Expansive Vertical Vortex Combustion)

#### 3.3 大量クールドEGR

大量クールドEGRシステムは、NOx低減を目的としてEGRクーラの冷却効率を上げ、DCモータ式EGRバルブを採用した。EGRクーラは冷却効率を従来モデル比40%向上し、サイズを従来比10%以上コンパクト化した。具体的には、コア内部の基本構造を変更し、フィン形状を工夫して伝熱面積の拡大と流れ改善を行った。また、冷却水流量は冷却水の内部沸騰による熱応力低減を目的に最適化を図った。Fig.5にEGRクーラのコア内部図を示す。EGRバルブは、従来モデルのダイヤフラム式からDCモータ式に変更し、EGR流量制御の精度アップを図った。最大流量も従来モデル比45%拡大し、大量EGRに対応した。

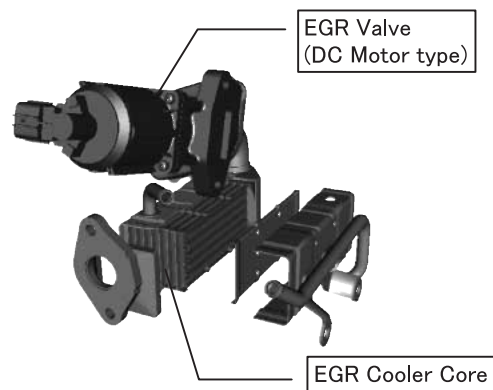


Fig.5 High Efficiency EGR Cooler and Valve

#### 3.4 グロープラグ

新MZR-CDエンジンでは、DPFの再生制御中にグロープラグを使用することにより、負荷増加に伴う排気ガス温度上昇、及び膨張行程での後燃えを補助し、DPF再生性能の向上を図った。また、メタルタイプをセラミックタイプに変更することで、グロープラグの通電頻度増に対応した。

### 3.5 ターボチャージャ

ターボチャージャは、小型・高周速タイプを採用し、低回転から高回転までフラットなトルク特性を実現させている。従来モデルに対しては、コンプレッサインペラの形状を改良し、コンプレッサ効率を向上させることで、PM低減を図った (Fig.6)。

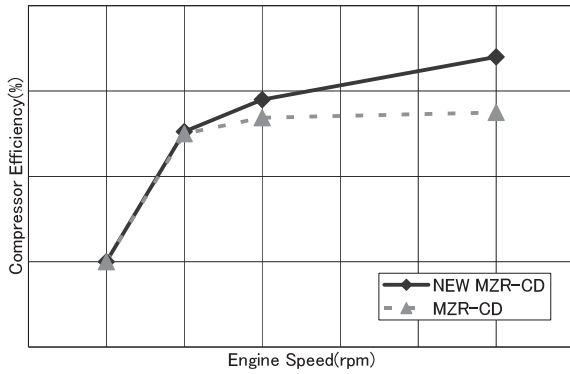


Fig.6 Compressor Efficiency (Full Load)

### 3.6 燃料系

#### (1) インジェクタ

インジェクタは、従来モデルに対してノズルを小噴孔径、多噴孔化し、噴霧粒径の微細化による空気との混合を促進させ、NOx低減を図った (Fig.7)。キャリブレーションの面では、噴霧の微細化に伴う良着火性に着目し、噴射タイミングを遅らせることで、排気ガス温度を上昇させ、過給効率を上げEGR性向上を図った。

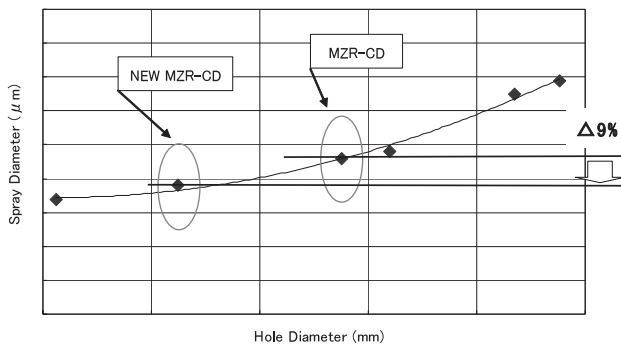


Fig.7 Relation between Nozzle Hole Diameter and Fuel Spray Diameter

#### (2) コモンレール

コモンレールは、インジェクタへ高圧燃料を供給する出口部分のオリフィス孔径を縮小し、パイロット噴射など多段噴射を行った際の、燃料圧力脈動に起因した噴射量ばらつき低減を図った (Fig.8)。

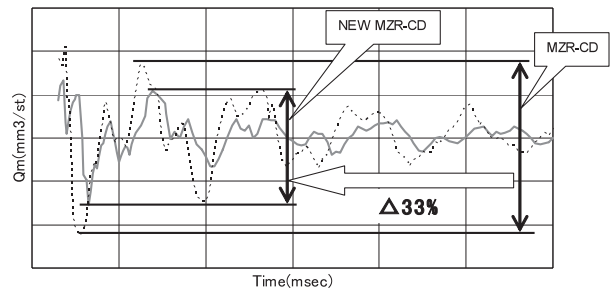
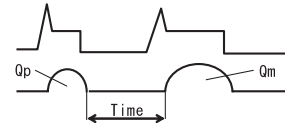


Fig.8 Influence of Pressure Pulse on Injection Quantity

### 3.7 A/FセンサによるEGR量制御システム

本制御システムは、Mazda6 (日本名:アテンザ) にて欧州市場に導入したシステム<sup>(2)</sup>を流用したものである。本システムでは、A/Fセンサを用いて、シリンダ近傍の酸素濃度をモデルで推定し、目標の酸素濃度になるようにEGR量を制御している。これによりEGR量と燃料噴射量ばらつきに起因した走行時のエミッションばらつきを抑制した (Fig.9)。

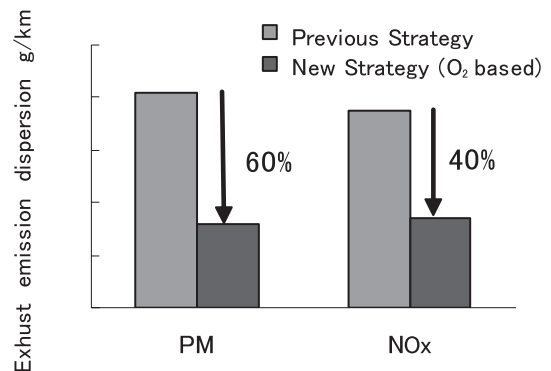


Fig.9 Effect of O<sub>2</sub> Model F/B EGR Control (W/O DPF)

### 3.8 DPFシステムの改良

#### (1) 背景・改良の狙い

ボンゴシリーズは、DPFへ一定量の煤が堆積すると自動的にポスト噴射を行い排気ガス温度を上昇させ、堆積した煤を燃焼し除去するという自動再生システムを採用している。しかし、使用条件により再生が完了しない場合には、停車での手動再生を実施する必要があり、スイッチ操作や10分程度の待ち時間をドライバへ強いることになる。新MZR-CDエンジンでは、様々な環境/使用条件に対して最適化を行い、手動再生を実施する頻度を低減するべく制御システムの改良を行った。

(2) 市場走行分析

ボンゴシリーズは、コンビニエンスストアなどへの商品配送の他、弁当・花などの配送用として広く使われている。これらの用途では、信号間のGO-STOPなど市内での運転頻度が高く、また商品を降ろすための停車が毎日繰り返して行われる。Fig.10, 11は、手動再生に至った市場での走行パターンを分析した一例である。この運転では、アイドル・減速及び停止の時間が、全運転時間の50%と非常に多く、新MZR-CDエンジンでは、この点に着目し再生システムの改良を図った。

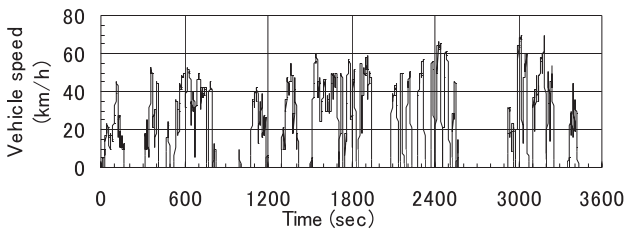


Fig.10 Sample of Driving Pattern

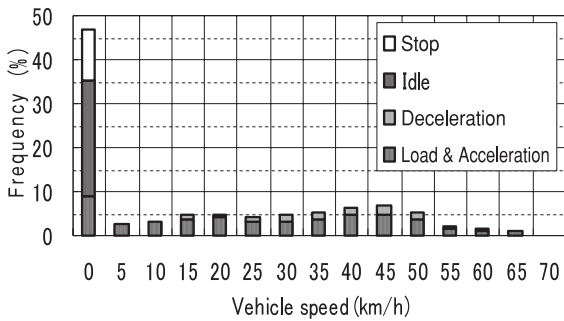


Fig.11 Histogram of Driving Pattern

(3) 再生制御の改良

上記分析結果をもとに、新MZR-CDエンジンでは自動再生中の特定の条件下でアイドル運転や減速時にもポスト噴射を実行させるとともに、 $O_2$ 濃度によるポスト噴射補正などにより制御性を向上させた。Fig.12は自動再生時の排気ガス温度及び煤の燃焼量の従来モデルとの比較結果であり、新MZR-CDエンジンでは、前述の走行条件においても排気ガス温度を煤の燃焼に必要な温度まで上昇できている。また、Fig.13に減速時のポスト噴射の制御波形を、Fig.14にポスト噴射制御の従来モデルとの比較を示す。

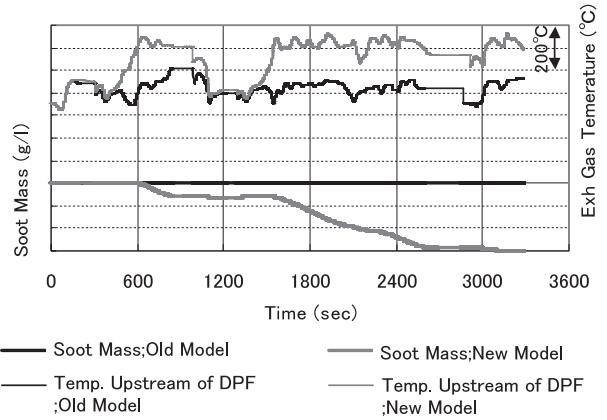


Fig.12 Comparison of Regeneration between New and Old Models

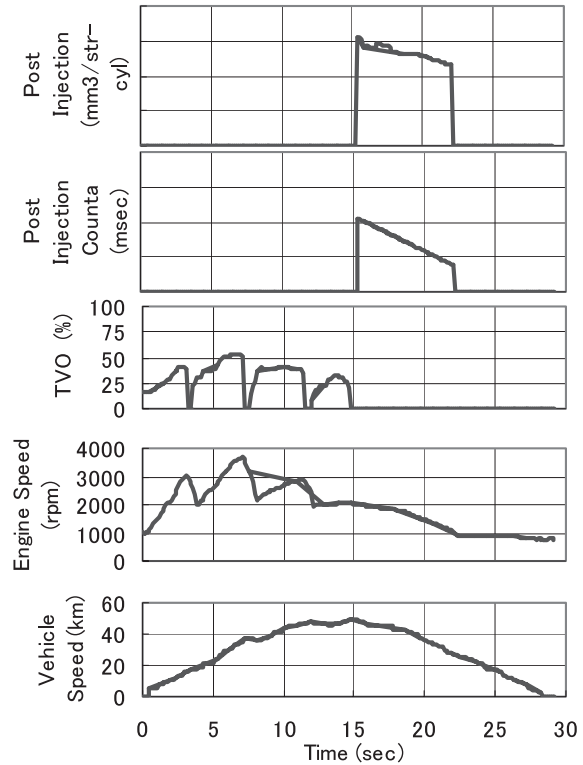


Fig.13 Post Injection at Decelerating

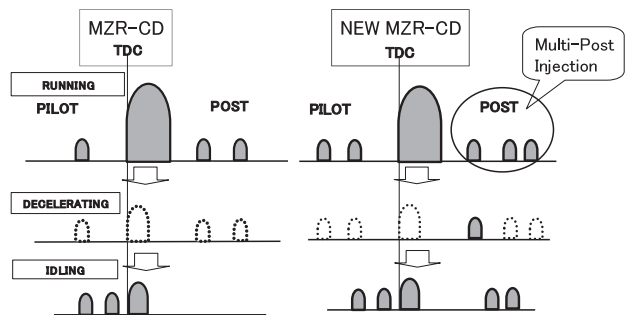


Fig.14 Difference of Post Injection Control

3.9 低NVH化

NVH低減はハードウェアとソフトウェア双方で行った。ハードウェアでは、エンジン上側遮音カバーの面積を1.5倍拡大、クランクプリーカバーの追加、ターボインシュレータの締結構造見直しなどにより、遮音を強化した。一例としてクランクプリーカバー追加による効果をFig.15に示す。ソフトウェアでは、燃焼時ノック音改善のため、燃料噴射圧の低減、パイロット噴射回数、噴射量及びタイミングの見直しを行い、エミッション、スモークとの両立を図った。従来モデルに対する、ノック音の改善効果をFig.16に示す。また、停車時のアイドル騒音低減のため、アイドル回転数を775rpmから750rpmに下げ、吸気スロットルにより吸気を絞り、燃焼圧力を低下させることにより、放射音の低減を行った。従来モデルに対する、アイドル時の放射音低減効果をFig.17に示す。

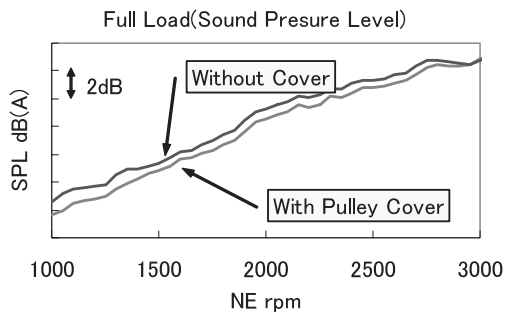


Fig.15 Effect of Crank Pulley Cover

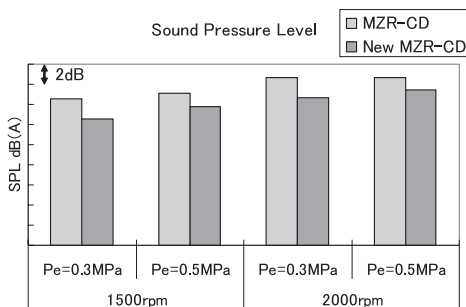


Fig.16 Effect of NVH Improvement

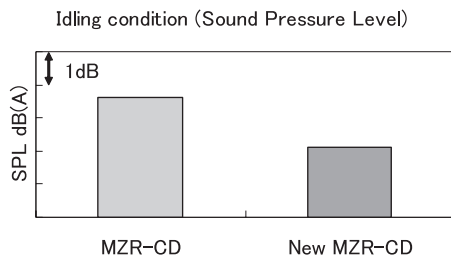


Fig.17 Effect of Low Pressure Idling Technology

4. おわりに

以上の開発を経て、2007年8月より新MZR-CDエンジンを搭載したボンゴシリーズを市場導入することができた。今後はこの開発で得られた各技術を更に熟成、発展させ、マツダ製ディーゼルエンジンの更なる改善のために活用していく所存である。

参考文献

- (1) 松江ほか：ボンゴ用触媒担持型DPFシステムの開発，マツダ技報，No.22，p.126-131（2004）
- (2) 中井ほか：乗用車用直噴ディーゼルエンジンNew MZR-CDエンジンの紹介，マツダ技報，No.23，p.98-103（2005）

著者



柚木伸夫



上奥慎二



廣瀬倫之



西村博幸



白橋尚俊



杉本 亮