

二輪車の EURO-3 エミッション規制対応技術の研究

Research into New Emission Control Techniques for Motorcycles
to Achieve EURO-3 Emission Regulation

赤 松 俊 二*
Shunji AKAMATSU
宮 田 博 明*
Hiroaki MIYATA

河 野 友 哉*
Tomoya KONO
山 崎 隆太郎*
Ryutaro YAMAZAKI

浦 木 護*
Mamoru URAKI

要 旨

2006年に欧州域で施行される EURO-3 エミッション規制に対応するため、水冷4気筒、排気量1100cm³のエンジンを搭載した二輪車を用いて、エミッション低減技術を研究した。

コールドスタート時の HC は、Idle Air Control Valve System(IACV)と点火リタードを組み合わせた触媒の早期活性化技術とインジェクタ噴霧の微粒化により低減された。高速走行モード時の NOx は、空燃比の最適化と3元触媒のセル数・容量の適正化により低減された。また、触媒の容量増に伴って増加する排気抵抗の増加に起因する出力低下は、触媒の設置位置の最適化により抑制することができた。

これらの技術により、出力ドライバビリティを損なうことなく EURO-3 規制を余裕をもって達成できた。

ABSTRACT

The EURO-3 emission regulation will be enforced in the EU in 2006. To meet the regulation, emission reduction technologies were developed by using a test motorcycle with a water-cooled, four-cylinder, 1100cm³ engine. In order to reduce HC during cold-start cycle, catalyst was activated early and the fuel spray was atomized by means of combining Idle Air Control Valve System (IACV) with ignition retard. In order to reduce NOx during extra-urban driving cycle, number of cells and capacity of three-way catalyst were optimized, and air-fuel ratio was also optimized. However, the increase of catalyst capacity caused increase of exhaust resistance, and reduced engine power. In order to solve this problem, location of the catalyst was optimized. By these measures, the EURO-3 regulation value was sufficiently attained without detriment to the engine power and drivability.

1. まえがき

近年、地球環境問題の関心が高まる中で、二輪車の排出ガスエミッション低減への要求が高まってきており世界各国で新しい排出ガスエミッション規制値が導入されてきている。例えば、大型二輪車の主な市場である欧州においては、2006年から EURO-3 エミッション規制が予定されている。さらに測定モードについてはコールドモード及び高速モードが追加され二輪車にとっては非常に厳しい規制となっている。

大型二輪車においては排出ガスエミッション低減に3元触媒とO₂フィードバック、2次エアー導入装置を組み合わせたものが一般的に用いられているが、高回転高出力の二輪車用エンジンでは良好なドライバビリティへの要求が高

く、排出ガスエミッションとの両立が高く要求されている。今回、CBR1100XXをベースに、EURO-3規制を満足するエミッション低減システムを研究したので紹介する。

2. EURO-3 規制と課題

二輪車の排出ガスエミッション規制については、大気汚染に対する寄与率が無視できないとされているヨーロッパやアジアが中心となって強化が進められている。中でも2006年初頭からヨーロッパで施行される EURO-3 規制は、いくつかの点で、二輪車の排出ガスエミッション低減システムに対して新しい施策を求める規制強化となっている。Fig. 1 に EURO-3 規制の測定モードを、Table 1 に規制値を EURO-2 規制と比較して示す。EURO-2 規制と比べて

*朝霞研究所

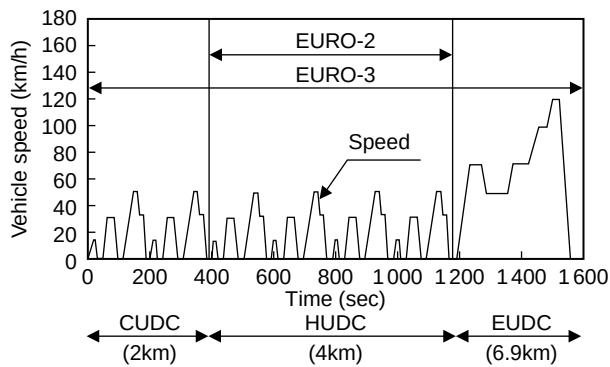


Fig. 1 Federal test procedure

Table 1 EURO-3 emission standards

(Displacement $\geq 150\text{cm}^3$)			
Standards	CO (g/km)	THC (g/km)	NOx (g/km)
EURO-2	5.5	1.0	0.3
EURO-3	2.0	0.3	0.15

EURO-3 規制の変更点と要求される性能は下記である

- (1) コールドスタート及びサンプリングになったことにより、触媒の浄化率向上に加えてCO、HC に対して早期浄化開始が求められる。
- (2) 高速モード(EUDC)の追加により、NOx 排出量が増加するため、触媒の NOx 浄化率の向上が求められる。
- (3) 耐久保証の追加(トータル3万 km)により、排出ガスエミッション低減システム全体の長期安定化が求められる。

3. 排出ガス低減の技術手段

EURO-3 対応技術の研究に当たり、現在、市販している EURO-2 適合車を用いて排出ガスエミッション性能の再検証をおこなった。Fig. 2 に EURO-3モードを三つに区分⁽¹⁾したときの各区間排出ガスエミッションの測定結果を示す。区間1はエンジン始動から最初の2サイクルでCUDCと呼ぶ、区間2は4サイクルで従来のECE40-0と同じでHUDC

と呼ぶ、区間3は新たに追加された高速モードでEUDCと呼ぶ。最初の区間1(CUDC)での排出量は、触媒が十分に活性化していないため十分な浄化率が得られないので、エンジン自体の排出ガスエミッション量を削減することと触媒を早期活性化させる技術が必要となる。次の区間2(HUDC)では、触媒は十分に活性化しているが規制値が厳しくなったので、更なる排出ガスエミッションの低減が求められる。区間3(EUDC)は今回追加された高速モードで120km/hまでの加速時に NOx が急激に増加している。

この結果から EURO-3 規制に対応するためコールドスタート時の HC 低減と高速モード時の NOx 低減の二つの大きな課題に着目し、開発をおこなった。

4. テスト車両

テストには市販されている排気量 1100cm³の水冷直列4気筒エンジンを搭載した二輪車を用いた。その諸元を Table 2に示す。燃料供給には電子制御のフューエルインジェクションシステムを用い、O₂ センサを用いたフィードバック制御をおこなっている。そのシステムをFig. 3に示す。燃料噴射のインジェクタはピントルタイプを使用している。

排出ガスエミッション浄化システムにはメタル担体の3元触媒と2次エア導入装置を用いている。触媒は、スペースが少ないため、エキゾーストマニフォールド直下には配置できないのでFig. 4に示すように後方に配置されている。

Table 2 Specifications of test engine

Items	Specifications
Cooling system	Liquid-cooled
Cylinder configuration	In-line 4-cylinder
Bore × Stroke (mm)	79 × 58
Displacement (cm ³)	1137
Compression ratio	11.0 : 1
Valve train	DOHC

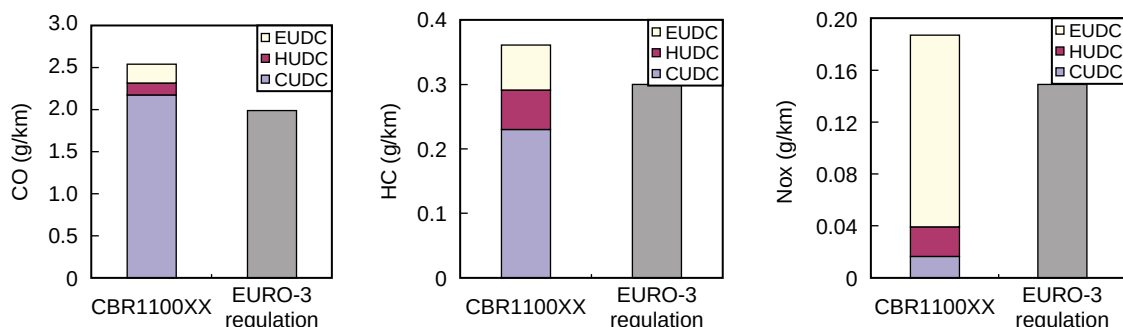


Fig. 2 CBR1100XX emissions by EURO-3 mode

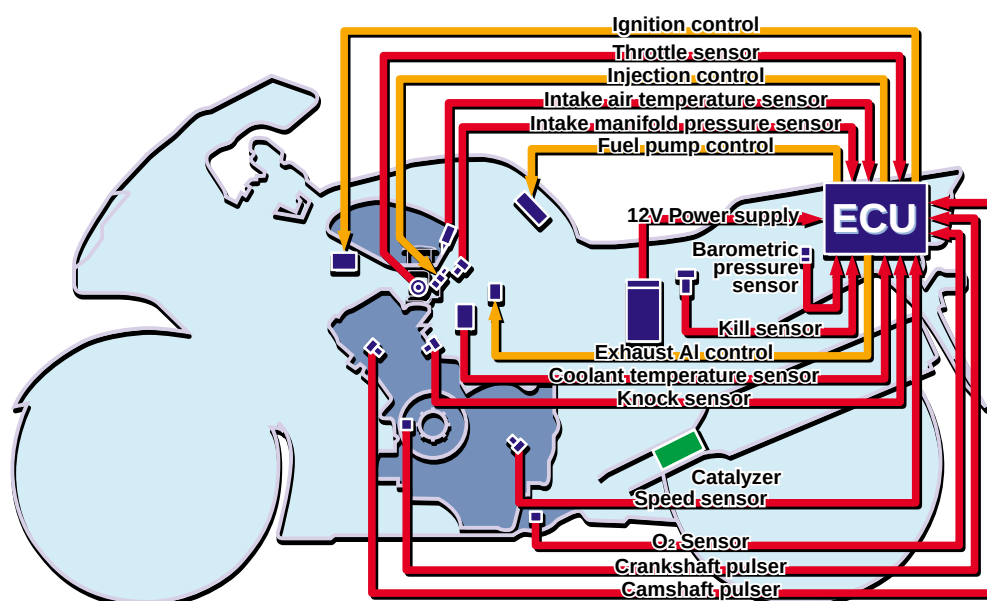


Fig. 3 Diagram of PGM-FI system

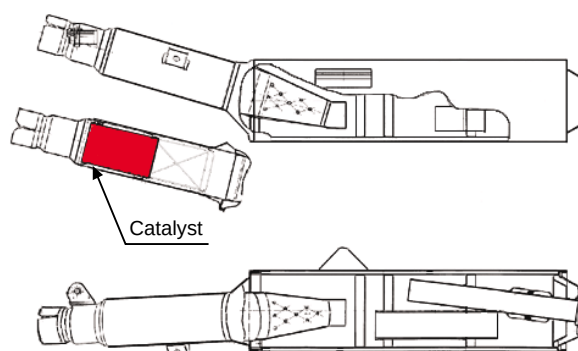


Fig. 4 Catalyst location

5. エミッション低減技術

排出ガスエミッション低減については、四輪車でさまざまな技術が構築されてきたが高回転高出力の大型二輪車に適用できる技術は非常に限られている。例えば、触媒の早期活性のために、エキゾーストマニフォールド直下に触媒を設置するレイアウト⁽²⁾が四輪車では広く用いられているが、二輪車では出力特性への影響や配置レイアウトの難しさから適用は困難である。したがって、本研究では二輪車に適用できる技術に焦点を絞り研究をおこなった。

5.1. コールドスタート時の HC 低減

コールドスタート時の HC 低減の手法には、従来からさまざまなアプローチがされてきたが、今回は、インジェクタ噴霧の微粒化による HC 低減手法と Idle Air Control Valve (IACV)を用いた吸入空気量増と点火リタードによる排出ガス温度上昇による触媒の早期活性手法について述べる。

5.1.1. 微粒化インジェクタ

エンジン自体からの HC を低減させるためにインジェク

タの噴霧粒径の微粒化と効果について検討した。テストに用いたインジェクタの仕様を Table 3 に示す。

今回、使用した 12 孔テーパノズル仕様はピントルタイプに比べ大幅に微粒化されている。この微粒化インジェクタを採用することにより触媒活性前の HC 排出量低減及び減速時の HC 低減効果が見られ、排出量は従来仕様に対し 20%減少した。その結果を Fig. 5 に示す。

Table 3 Specifications of test injectors

	Developed injector	Base injector
Nozzle	Taper nozzle	Pintle nozzle
Number of nozzle	12	1
Static injection quantity	252mm ³ /st	258mm ³ /st
SMD	80μm	120μm

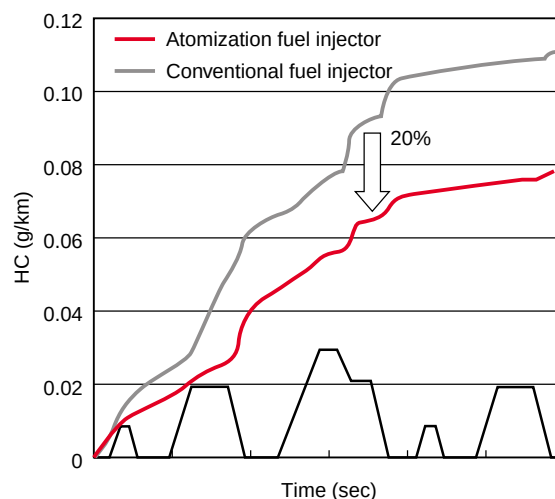


Fig. 5 HC reduction by atomized injector

5.1.2. 触媒の早期活性化

CUDC モードにおける HC を低減させるためには、触媒の温度を早期に上昇させて早期に活性化させることが有効である。しかし、単に触媒位置を排気バルブに近づけた場合には出力の維持との両立が困難であり、今回は点火時期をリタードさせることによる排出ガスの高温化でおこなった。しかし、点火時期をリタードした場合には吸入空気量が不足しアイドル回転数が下がる。今回は、ECU で最適空気量に制御する IACV を用いて空気量の補正をおこなった。

今回のテスト結果の点火時期と触媒温度及び HC 低減量を Fig. 6 に示す。点火時期をリタードすることで触媒が活性化温度(300℃)に到達する時間を70sec短縮し、300sec経過時の HC エミッション排出量を 30%低減させることができた。

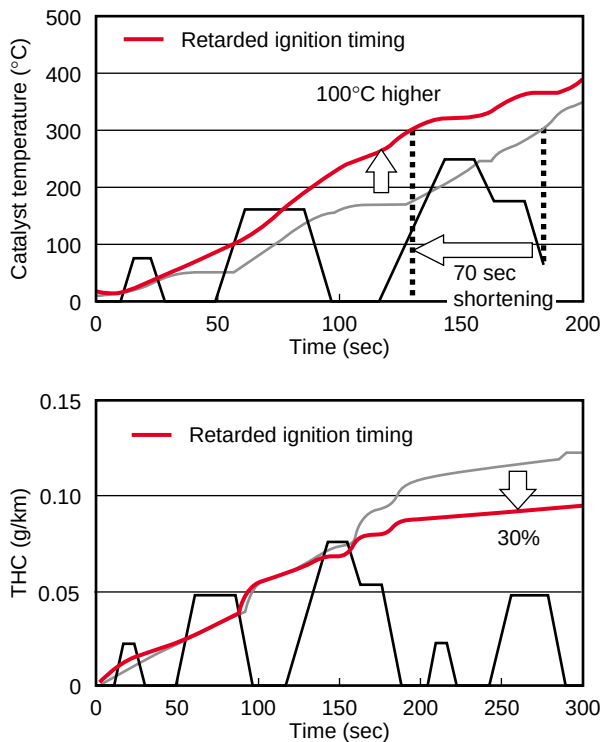


Fig. 6 Effect of quick warm-up system

5.2. 高速モードの NOx 低減

本テスト車の場合EUDC モード走行時はO₂フィードバック領域であり 空燃比は3元触媒の浄化性能を効率よく使える理論空燃比に設定している。今回、EUDC モードでの NOx 低減に対しては触媒のセル数と容量の最適化及び空燃比制御の最適チューニングをおこなった。

5.2.1. 触媒の選定

一般的に大容量の触媒が排ガスエミッション量を低減できるが、二輪車では、少ないスペースのために触媒をつける場所と触媒のサイズが限定されている。今回は、セル数及び担持する貴金属量をパラメータとして CO, HC, NOx

Table 4 Specifications of test catalyst

Items	Specifications
Cell density	300 cpsi
Catalyst layer thickness	50μm
Diameter of carrier	80 mm
Length of carrier	90 mm
Precious metal	Platinum, Rhodium

の3成分の排ガスエミッションの低減量をテストで確認して触媒仕様を決定した。触媒の容量を一定にしてセル数を増加した場合のテスト結果を Fig. 7 に示す。ベース仕様よりも多セル化すると3成分共に低下する傾向を示すが600セル以上では反対に悪化した。この結果と、マフラ部背圧を考慮して300cpsを採用した。触媒容積を固定し担持する量を増加させたときの排ガスエミッション量の測定結果を Fig. 8 に示す。担持量を増加させるとCO, HC は低減されるが、NOx は反対に増加する。担持量の増加はコストが高くなるが、要求される浄化率からベース仕様の2倍に増量した。決定した触媒の仕様を Table 4 に示す。

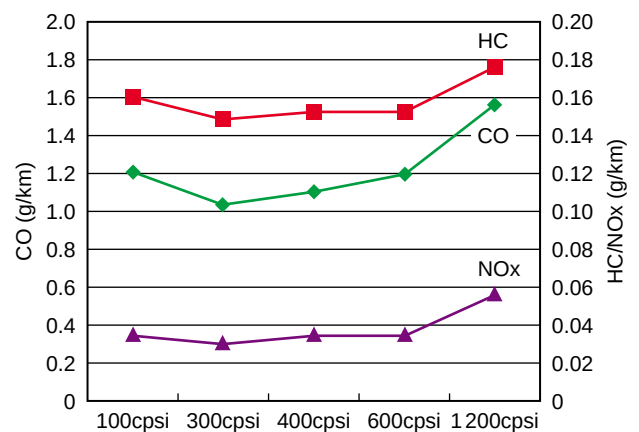


Fig. 7 Emission results from different number of cells

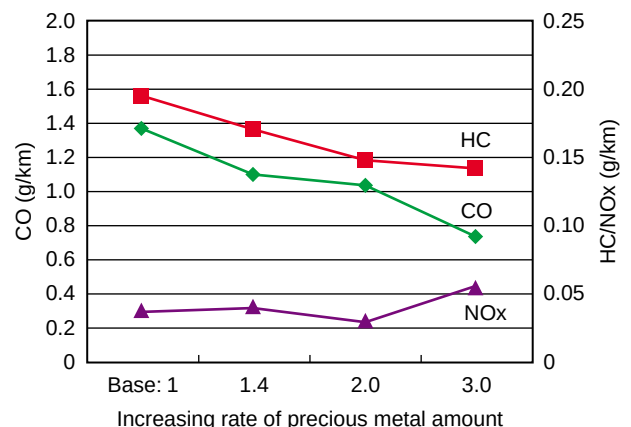


Fig. 8 Emission results from different amount of precious metal

5.2.2. 空燃比のファイン制御

3 元触媒は空燃比を理論空燃比とした場合に、3 成分の浄化率が一番高いと言われている。今回、O₂センサの代わりに UEGO センサを取り付けエミッション走行モード中の各負荷別に排出濃度が最小になる空燃比を求めた。空燃比に対するエミッション浄化率を従来のエミッションモードの最高車速である 50km/h と EUDC モードでの最高車速 120km/h で比較した。その結果を Fig. 9 に示す。走行モードが高負荷になると排出濃度が最小になる空燃比はリッチ側に移動している。したがって、空燃比を任意に制御することで排出量の低減が図られた。

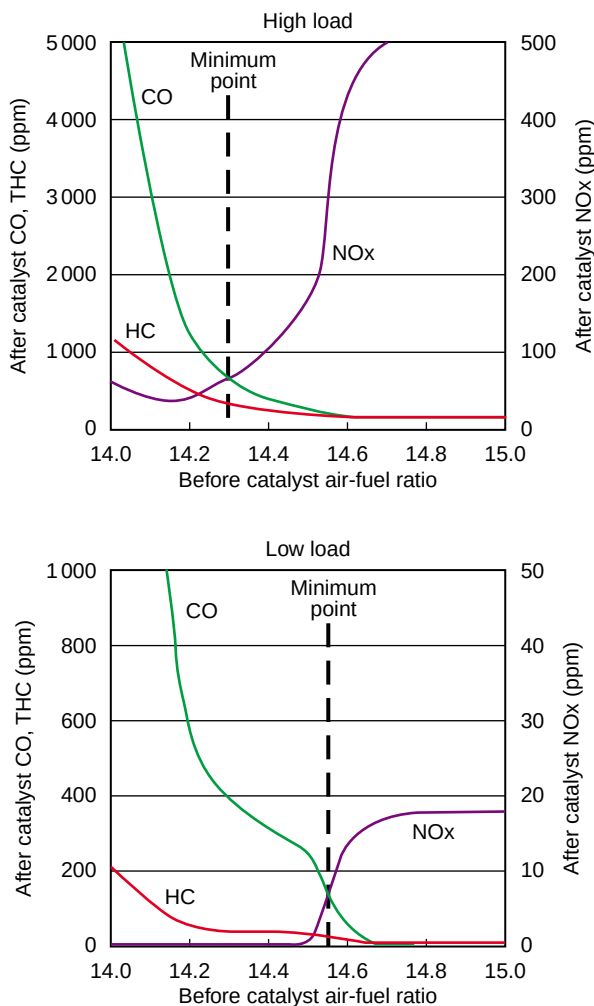


Fig. 9 Reforming gas ratio by different air-fuel ratio

5.3. 出力への影響

触媒の容量増に伴う出力低下については、触媒セル数とマフラ前背圧とピーク出力を確認した結果を Fig. 10 に示す。触媒セル数を増加させるとマフラ背圧が上昇し、出力が低下する。高出力が求められるスーパースポーツタイプの二輪車では出力の維持を勘案の上、Table 4に示す仕様に決定した。

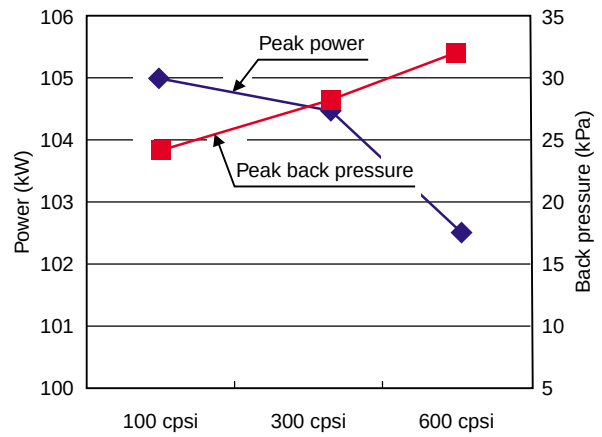


Fig. 10 Back pressure of catalyst

6. テスト結果

6.1. エミッション排出量

テスト車による EURO-3 排出ガスエミッション測定結果を CUDC, HUDC, EUDC の三つに分けて Fig. 11 に示す。

(1) CUDC モードでは、課題であった HC をベースに対し 73% 低減した。

(2) EUDC モードでは、高速走行時の NOx をベースに対し 97% 低減した。

上記により EURO-3 排出ガスエミッション規制をクリアした。

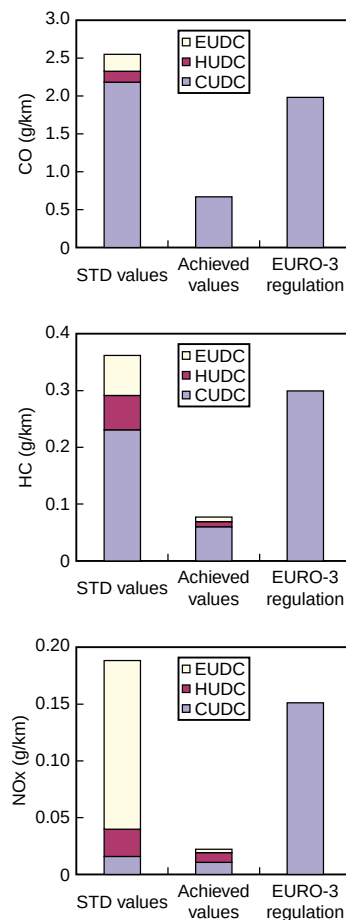


Fig. 11 Exhaust mass emission

6.2. 出力

触媒の多セル化をおこなったが出力はベース機種と同等性能を確保した。Fig. 12 に出力特性カーブを示す。

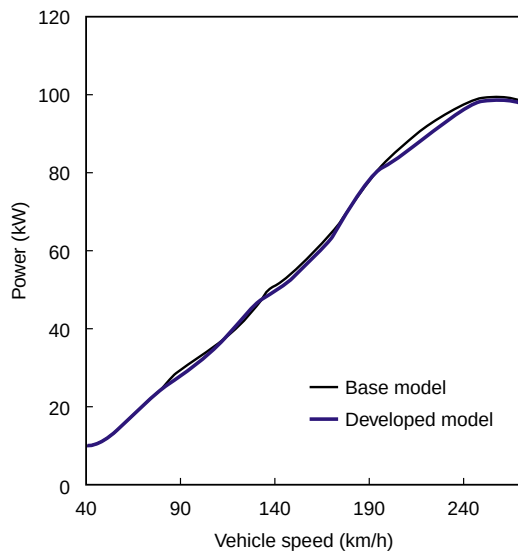


Fig. 12 Power output

6.3. 耐久性

法規に定められた 30000kmの耐久テストをおこなった。排出ガスエミッション値の推移は、Fig. 13に示すように耐久後でも規制値を十分に満足している。

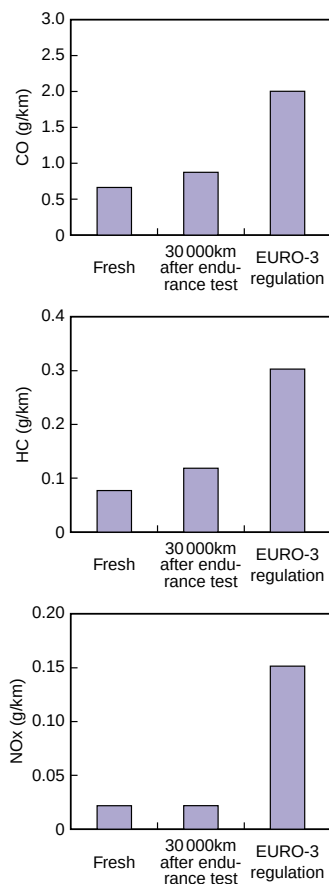


Fig. 13 Durability performance of emission reduction system

7. まとめ

排出ガスの後処理能力の向上を図ることで既存のエンジン仕様にて、出力及びドライバビリティを損なうことなく EURO-3 規制に適合させることができた。

- (1) コールドスタート時の HC 低減には、点火リタードによる排気温度上昇手法が有効であった。
- (2) 高速モードの NOx 低減には、フィードバック時の目標空燃比を走行条件に合わせて制御することで触媒の浄化率を最大限に利用することができた
- (3) 触媒の浄化率の向上要求については、触媒セルの多セル化で出力維持との両立を達成した。

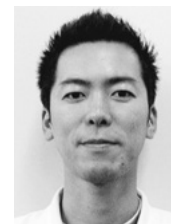
参考文献

- (1) 北川浩, 三部敏宏, 岡松和則, 安井裕司: 「ACCORD SULEV」用極超低エミッションシステム, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2, p.37-44
- (2) 松木正人, 大浦秀二, 渡辺勝志, 木下裕介: 2001モデル「Civic」用 1.5L リーンバーンエンジンの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2, p.29-36

■ 著 者 ■



赤松 俊二



河野 友哉



浦木 護



宮田 博明



山崎 隆太郎