

「VFR800FI」の排気エミッション 低減技術の紹介

Exhaust Emission Reduction System for “VFR800FI”

堀 池 達*	山 田 肇*	大 山 隆*
Satoru HORIIKE	Hajime YAMADA	Takashi OYAMA
狩 野 宏 司*	阿 部 正 彦*	岩 田 康 雄*
Koji KANO	Masahiko ABE	Yasuo IWATA

要 旨

1999年から二輪車に適用される、欧州排気エミッション一次規制(97/24/EC-Chapter 5)に対し、環境保護の見地から、この規制値の1/10という高い目標値を達成できる二輪車の排気エミッション低減システムを開発した。

二輪車の持つドライバビリティを損なうことなく、目標とする排気エミッション値(CO:1.3g/km,HC:0.3g/km,NOx:0.03g/km)をECE40モード走行で達成するために、排気ポート二次空気導入システム(Air-Injection)を用いた触媒の最適位置の選定と、空燃比の希薄化とドライバビリティを両立させるための燃料噴射制御の適正化を図った。これにより、出力特性とドライバビリティを優先して決定したエンジン性能を低下させることなく低排気エミッション化を達成することができた。

この排気エミッション低減システムを欧州向けモデルの'98年型「VFR800FI」として量産化した。

ABSTRACT

Following current national emission regulations in some European countries, starting from June '99 a common European regulation for exhaust emissions for motorcycles (97/24/EC Chapter 5) will come into force. HONDA recently presented a newly developed 3-way catalyst system aiming to reduce emission levels to 1/10 of the limit values of this new regulation. These efforts are part of HONDA's environment strategy that attaches importance to environmental conservation.

HONDA aimed to achieve this objective for the exhaust emission values (CO: 1.3 g/km, HC: 0.3 g/km, NOx: 0.03 g/km) in the ECE40-01 mode, while meeting the development objectives in terms of engine performance and throttle response for the 1998 model of the “VFR 800 FI”. This could be achieved by introducing the exhaust emission reduction system and assuring precise control of the injected fuel amount particularly during acceleration leaning the air-fuel mixture ratio and maintaining a good driveability at the same time. The most appropriate position of the catalyst device was chosen and the secondary air injection system was coupled with the exhaust port. With this system particularly low exhaust emissions were achieved while maintaining the above mentioned overall performance aimed for this model.

1. まえがき

近年、国際的に環境問題への関心が高まる中で、二輪車の排気エミッション規制の導入および今後のさらなる低排気エミッション化への要求が高まっている。Fig.1に世界における二輪車排気エミッション規制の適用国を示

す。この中で、特に欧州においては1999年から二輪車の欧州排気エミッション一次規制(97/24/EC-Chapter 5)の発効と、より厳しい将来規制(二次規制)が予定されている。排気エミッション低減のためには、通常、触媒を装着し、O₂センサの残留酸素センシングによるフィード

*朝霞研究所

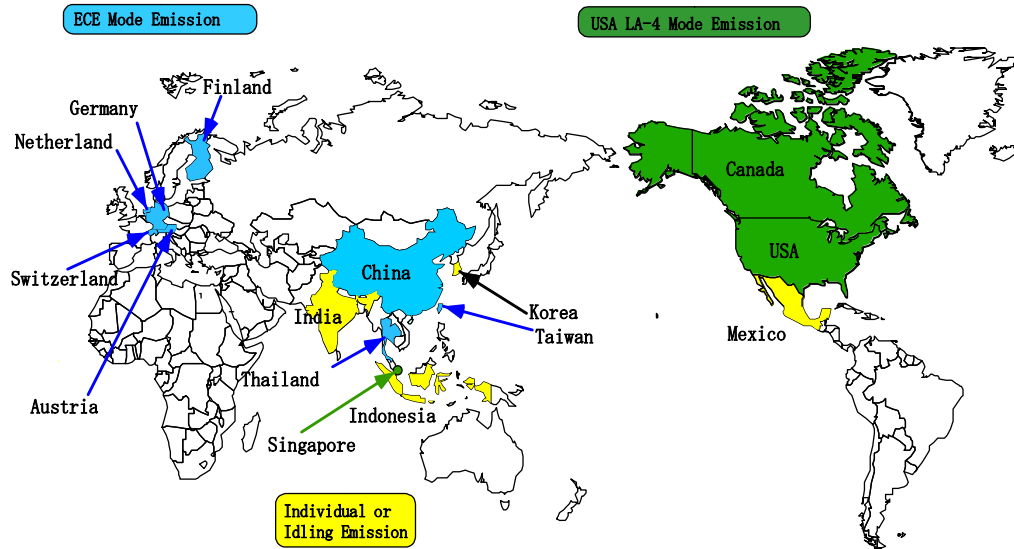


Fig.1 Exhaust emission regulations in the world

バック回路を持ったシステムにより、フューエルインジェクションをコントロールして対処する方法が四輪車の一般的な技術である。二輪車では、大型スポーツバイクにヒートチューブとよばれる簡易式触媒を装着し、欧州排気エミッション一次規制に適合している機種もある。

今回、欧州排気エミッション二次規制予定値(CO:3.0g/km, HC:1.0g/km, NOx:0.1g/km)を見据えて、目標とする排気エミッション値を欧州排気エミッション一次規制の1/10に設定し、四輪車と同様の三元触媒を用いた排気エミッション低減手法の適用を図った。しかしながら、二輪車は補機類を設置するスペースが四輪車に比べ小さく、触媒の設置場所が限定される。また、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(スロットルレスポンスおよびスロットルリニアリティ¹⁾を指す。)も高く要求されている。

2. 開発のねらい

VFR800FIの開発に際しては、良好なドライバビリティを損なうことなく、目標とする排気エミッション値を達成するシステムを作り上げることを狙いとした。

Fig.2に、現在のドイツ排気エミッション規制値(ECE40-01)、1999年欧州排気エミッション一次規制値およびVFR800FIの排気エミッション目標値を示す。

目標排気エミッション値達成における課題は、

- (1) 二輪車の限られたスペースの中で、出力性能低下のない触媒取り付け位置の確保と触媒活性化温度の達成。
- (2) 設定空燃比の希薄化と、過渡期に良好なドライバビリティを得るために必要な空燃比を、排気エミッションを抑えながら即座に供給する手法の確立であった。

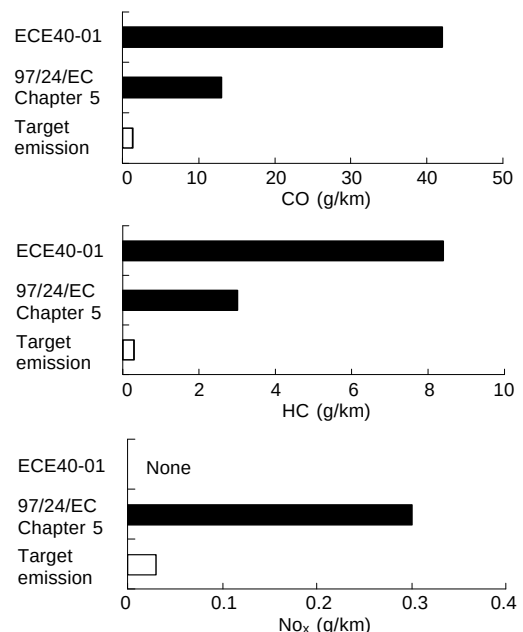


Fig.2 Regulations and target exhaust emission value



Fig.3 VFR800FI

これらの課題を解決するために、触媒の活性化限界を確認し、排気ポート二次空気導入システム(Air- Injection)と組み合わせることにより、触媒を最適位置に配置することができた。フューエルインジェクションの制御については、 O_2 フィードバックシステムを用いた設定空燃比の希薄化とスロットルリニアリティとを両立させるための燃料噴射制御、点火制御の適正化を図った。これにより、出力特性と走行性能を優先して決定したエンジン性能を低下させることなく、排気エミッション低減を達成することができた。この排気エミッション低減システムをVFR800FIに採用した。その外観をFig.3に示す。

3. VFR800FIの概要

VFR800FIの主要諸元をTable 1に、エンジンの透視図をFig.4に示す。VFR800FIのエンジンの特徴は、180度バンクの90度V型レイアウトを採用していることである。Fig.5に各気筒の爆発間隔・順序を示す。爆発間隔はバンク角で $180^\circ - 270^\circ - 180^\circ - 90^\circ$ の不等間隔となる。また、爆発順序はリアの1番気筒と3番気筒が続けて爆発し、その後フロントの2番気筒と4番気筒が爆発する変則的な順序となる。これにより、直列4気筒エンジンの等間隔爆発とは違ったフィーリングをライダーに提供している。また、Fig.6に示すように、触媒搭載モデルであるが、ベースモデルであるVFR750Fと同等以上の出力性能を得ている。

4. 排気エミッション低減システム

4.1. 触媒の配置と活性化

排気系は4-2-1集合方式の形態を採用している。排気

Table 1 Major specifications of VFR800FI

Cylinder layout	V-4
V-Angle (degree)	90
Bore×Stroke (mm)	$\phi 72 \times 48$
Displacement (cm ³)	781
Compression ratio	11.6:1
Valve system	DOHC 4 Valve
Max. power/Ne (kw/rpm)	74/10500
Max. torque/Ne (Nm/rpm)	78/8500
Dimensions (L×W×H) (mm)	2095×735×1190
Wheelbase (mm)	1440
Dry weight (kg)	210

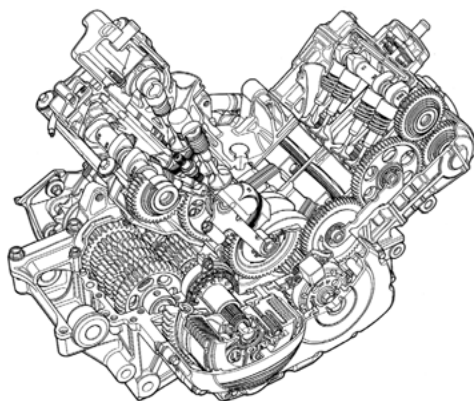


Fig.4 Section view of VFR800FI engine

系外観図をFig.7に示す。ここで、第一集合部(4-2)までの部分をL1、第一集合部から第2集合部(2-1)までの部分をL2、それ以降マフラまでの部分をL3とする。この排気系連結図をFig.8に示す。

一般に、排気系を集合した後に触媒を取り付け、その前に O_2 センサを設置する手法が考えられている。しかし、この位置では触媒が排気ポートから遠くなりすぎ、排気マニフォールドの放熱面積が大きく排気温度が低下してしまう問題がある。逆に、触媒活性温度を優先して、L1、L2を短くした排気系諸元では、出力特性が大幅に低下し、スロットル操作に対するエンジンの素早いレスポンスが得られない。そこで、L1部の排気マニフォールド径を、出力特性に大きく影響を及ぼさない範囲で、ベースモデルのVFR750Fの $\phi 35.0$ から $\phi 31.8$ まで絞るとともに、排気ポートに二次空気を導入するシステムを採用した。これにより、L2に触媒をレイアウトする仕様にて、ECE40モードにおいて、狙いの触媒活性化温度であ

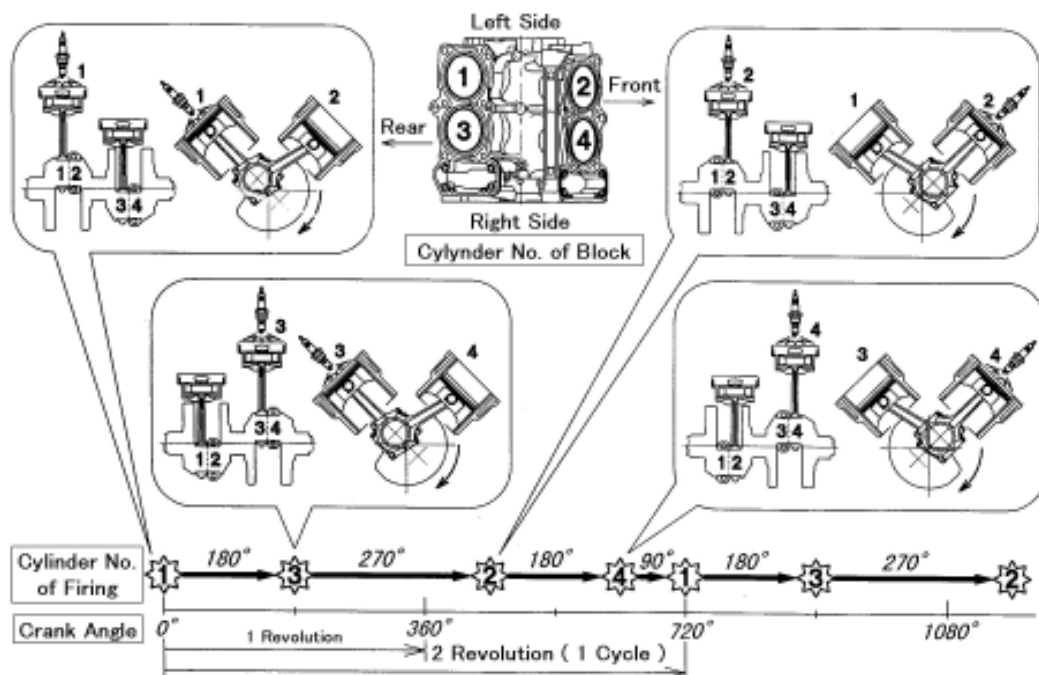


Fig.5 Cycle sequence

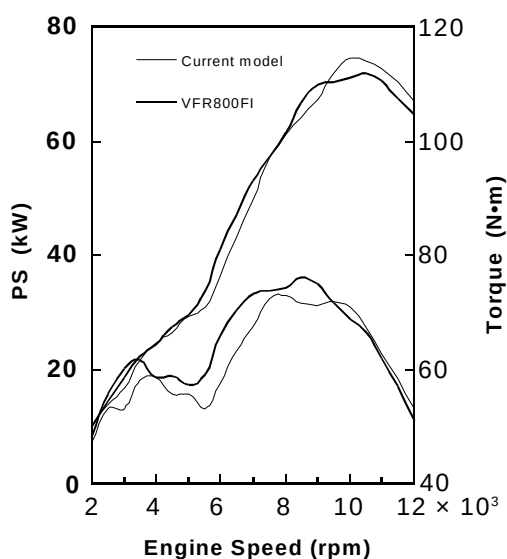


Fig.6 Engine performance

る320°Cを得た。Fig.9にECE40モード中の触媒の測温結果を示す。排気マニフォールド径絞りと排気ポート二次空気導入システムにより、排気エミッション測定モード時の触媒入口温度は約140°C上昇している。さらに、触媒の取り付け位置は、エンジンとスイングアームの真下となり、バンク角確保のため、横方向のスペースが限られる。これに対応するために、楕円形状の触媒を縦に配置

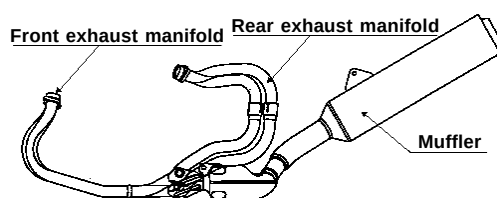


Fig.7 Exhaust system assembly

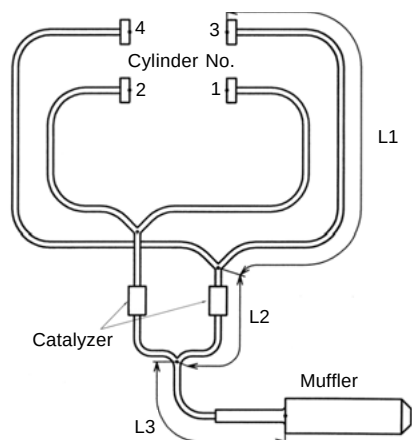


Fig.8 Exhaust system diagram

するレイアウトを採用し、二輪車のスペースレイアウトの問題を解決した。触媒の配置図をFig.10に示す。また、L2に触媒を取り付けたのでは、L2の管長が変わることにより、出力特性に影響を及ぼす。このため、Fig.11に示すように触媒を2個に分割し、触媒の外筒をL2の延長として利用するレイアウトを採用した。触媒をL2に配置したことにより、O₂センサのレイアウトも、L1集合部に2個配置する仕様とした。これにより、1、2気筒(L側)と3、4気筒(R側)を別々にフィードバック制御している。

4.2. 排気エミッション低減とドライバビリティの両立

VFR800FIに採用したフューエルインジェクションシステムの構成図をFig.12に示す。ECU(Electronic Control Unit)は、16bitCPUの採用により、燃料噴射制御と点火制御を同一ECUでコントロールしながら、全回転域シーケンシャル演算を実現した。さらに、チップの両面実装により、二輪車に搭載可能な小型軽量を達成した。

4.2.1. 燃料噴射量と点火時期マップ

燃料の基本噴射量は、

- (1)エンジン低負荷運転時用の、エンジン吸入負圧とエンジン回転数によって噴射量を決定するエンジン吸入負圧噴射量マップ。
- (2)エンジン高負荷運転時用の、スロットル開度とエンジン回転数によって噴射量を決定するスロットル噴射量マップ。

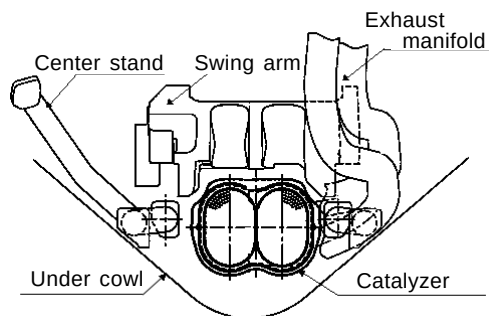


Fig.10 Layout of oval catalyzer

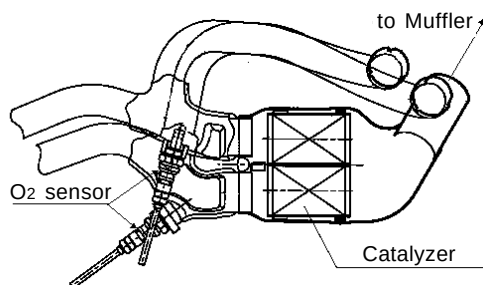


Fig.11 Layout of catalyzer and O₂ sensor

の2種類の噴射量マップを用いることにより、低負荷域から高負荷域まで、全域の精度向上を図っている。

4気筒不等間隔爆発エンジンの性能をすべて引き出すために、各々の燃料噴射量マップは各気筒1種類ずつの計8種類を独立して持ち、精密な燃料噴射量のセッティングを行っている。点火時期マップも、燃料噴射と同様に気筒ごとに要求値が異なるため、各気筒1枚ずつ、計4種類のマップを持っている。燃料噴射量と点火時期の三次元マップをFig.13に示す。

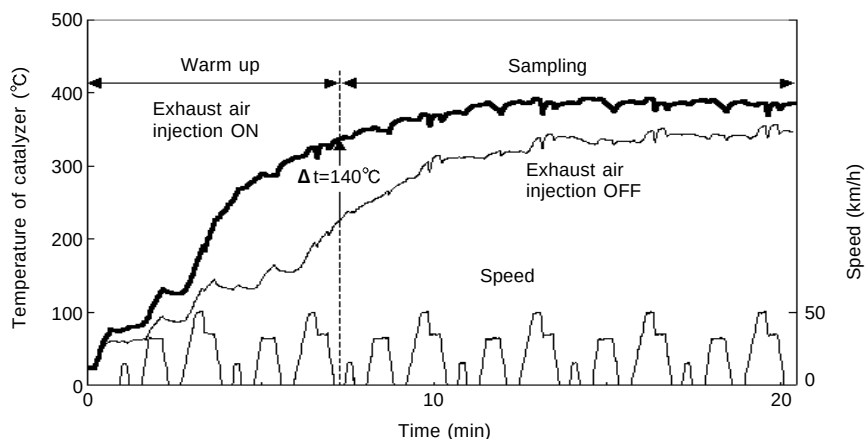


Fig.9 Temperature of catalyzer (ECE40 mode)

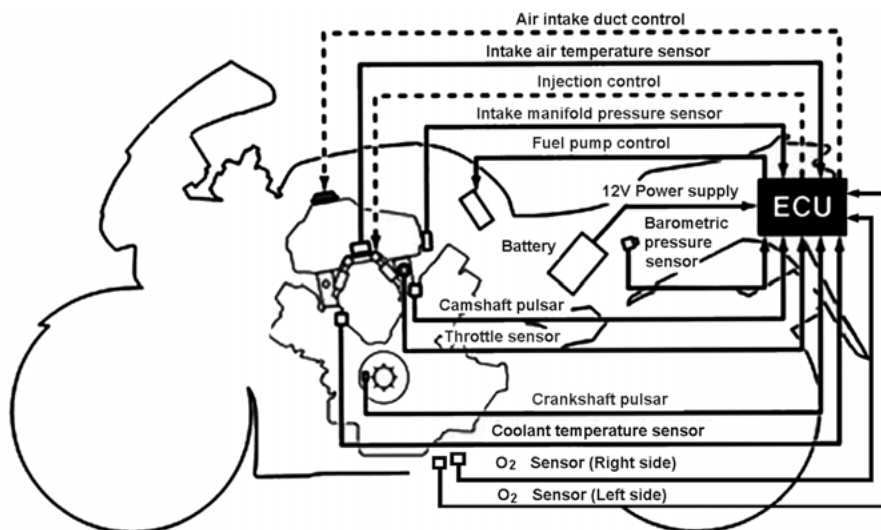


Fig.12 Fuel injection system diagram

4.2.2. 燃料噴射量補正

従来、二輪車用高回転高出力エンジンの設定空燃比は、12から13程度となっており、ドライバビリティの確保を最優先とした設定であった。今回、三元触媒を最大浄化率で用いるために、設定空燃比を14.7とした。そのため、高回転高出力エンジンのドライバビリティ確保のため、次のシステムで加速補正噴射量の適正化を図った。

- (1) ライダの加速の意志をできるだけ早く検知するために、スロットル開度をエンジン1回転当り12回検出し、その変化を演算する。
 - (2) 加速直前の状態により、最適燃料供給量を演算させる。
 - (3) 加速のための燃料付加噴射を、インレットバルブが開いている気筒を検知して行う。
- これらのシステムにより、燃料供給の遅れ解消と過渡

期に良好なドライバビリティを得るために必要な空燃比の確保を可能にした。

4.2.3. 排気ポート二次空気導入システム

排気ポートに導入する二次空気を、ソレノイドバルブで制御することにより排気温度を上昇させて、コールドスタート時の触媒の早期活性化を図り暖機運転中の一酸化炭素と炭化水素の排出を抑えている。Fig.14に排気ポート二次空気導入システム図を示す。また、窒素酸化物排出の少ないアイドル運転時は、排気ポート二次空気導入により、排気を酸素過剰な状態として、触媒による一酸化炭素、炭化水素の酸化を促進している。

触媒の活性温度が確保できる適性な触媒配置と点火時期マップおよび燃料噴射量制御の組み合わせにより、VFR800FIは、Table 2に示すエミッション値を達成した。

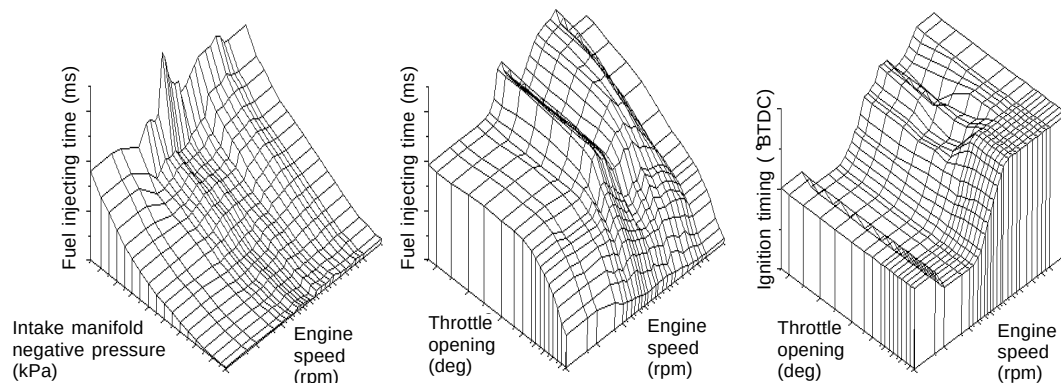


Fig.13 3D map of fuel injection and ignition timing

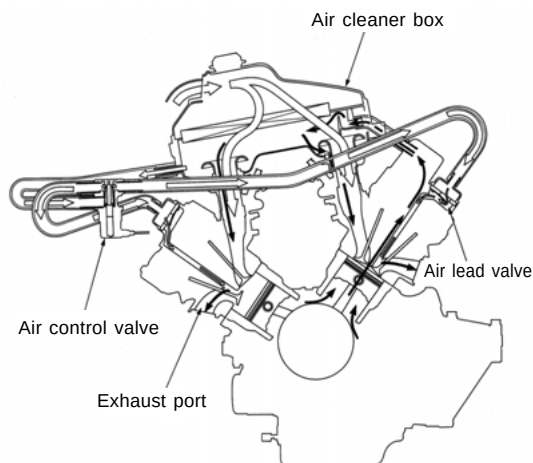


Fig.14 Layout of exhaust port air injection

Table 2 Result of VFR800FI exhaust emission

CO	0.4 g/km
HC	0.3 g/km
NOx	0.03 g/km

5. まとめ

今回、ホンダの二輪車として初めて三元触媒を用い、出力性能の低下を抑えて、低排気エミッションを達成した。その内容を要約すると以下のとおりである。

- (1)三元触媒の配置と排気ポート二次空気導入システムにより、目標排気エミッションに適合した。特に、COに関しては、目標1.3g/kmに対して0.4g/kmという値を得た。
- (2)触媒付きモデルではあるが、エンジン性能を低下させることなく、最高出力74kW/10500rpm、リッタ出力94.8kWの性能を達成し、且つ、低回転域から高回転域まで扱い易いエンジン特性を実現した。
- (3)燃料噴射制御と点火制御を同一ECUでコントロールしながら、全回転域シーケンシャル演算を可能にしたECUの新開発に加え、加速補正制御の最適化を行うことにより、良好なドライバビリティを確保した。

参考文献

- 1) 岡田和典 他、「2ストロークエンジンのトルクマップによるドライバビリティの簡易定量評価法」、Honda R&D Technical Review Vol.7,1995

■著 者■



堀 池 達



山 田 肇



大 山 隆



狩 野 宏 司



阿 部 正 彦



岩 田 康 雄