

# 新型 CIVIC 用 1.8L i-VTEC エンジンの開発

Development of 1.8L i-VTEC Gasoline Engine for 2006 Model Year Honda CIVIC

瀬 古 一 行\*  
Kazuyuki SEKO  
中 村 聡\*  
Satoshi NAKAMURA

多 賀 渉\*  
Wataru TAGA  
秋 間 和 洋\*\*  
Kazuhiro AKIMA

鳥 居 建 史\*  
Kenji TORII  
関 谷 明 堂\*  
Noritaka SEKIYA

## 要 旨

Honda は環境性能(低燃費, 低排出ガス)と高出力を高次元で両立する軽量コンパクトな新世代 1.8L i-VTEC 4気筒ガソリンエンジンを開発した。本エンジンのi-VTECは、発進や加速時には最大出力を発生するカムで吸気弁を駆動して高出力を発生し、クルーズ走行など低いエンジン負荷の場合には吸気弁の閉じ時期を遅らせたカムに切換え、同時に電子制御スロットルを開くことによりポンピングロスを低減して燃費を改善する。本エンジン搭載の2006年モデルCIVIC は、平成 22 年度燃費基準+5%レベルとなる 10・15 モード燃費 17.0km/L の低燃費を達成した。出力特性は可変管長吸気マニホールドの採用により、低中速トルクと高出力の両立を図った。低排出ガスでは、エキゾーストマニホールド一体型シリンダヘッド、高密度直下2ベッド触媒や高精度空燃比適応制御により、平成17年度排出ガス基準75%低減レベルを達成した。また、ロアブロック構造を採用してクランク軸受廻りの剛性を向上することにより、振動騒音の低減を図った。

## ABSTRACT

Honda has developed a lightweight and compact next-generation 1.8L i-VTEC 4-cylinder gasoline engine that offers a superb balance of power and environmental performance (high fuel economy and low emissions). The i-VTEC system in the new engine provides high power when the vehicle is accelerating by operating the valves with a cam that produces maximum power. When the engine is operating under a low load, e.g. when cruising, the system switches to a cam with delayed valve closure timing and simultaneously opens the electronically-controlled throttle in order to reduce pumping losses and increase fuel economy. The 2006 CIVIC in which the new engine is fitted has achieved a high level of fuel economy, obtaining 17.0 km/l in Japanese 10-15 mode, a 5% increase over the level required by Japanese 2010 fuel economy standards. The use of a variable-length intake manifold has balanced low- to medium-speed torque with high power. The integration of the cylinder head with the exhaust manifold and the employment of a high-density close-coupled two-bed catalyst and high-accuracy adaptive air-fuel control has enabled the achievement of an emissions level 75% below the level required by Japanese 2005 regulations. In addition, noise and vibration have been reduced by employing a lower block structure that increases the rigidity of the crankshaft support structure.

## 1. まえがき

近年のエンジン開発では、従来からの低排出ガス化に加えて、低燃費化によって省エネルギー化を進め、地球温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>を削減する環境性能の向上が最重要課題となっている。これに対しHondaは、VTECにカムシャフト位相連続可変機構 VTC を組み合わせた「2.0L&2.4L 4気

筒 i-VTEC」<sup>(1)</sup>を始め、気筒休止による可変シリンダシステムを搭載した「3.0L V6 i-VTEC」<sup>(2)</sup>等の新世代エンジンを発表し、環境性能の向上を進めてきている。

今回、新たに i-VTEC 機構による吸気弁遅閉じ機構を考案し、燃費改善と高出力、及び低排出ガスを両立するR18A型 1.8L 4気筒 i-VTEC ガソリンエンジンを開発した。以下に、この新型エンジンに採用した新技術について報告する。

\* 栃木研究所

\*\* Honda R&D(Ohio)

## 2. 開発のねらい

R18A 型エンジンでは、Honda の新世代エンジンとして必要とされる「環境性能(低燃費、低排出ガス)とトルクフルな走りの高次元バランス」を開発コンセプトとし、具体的な開発目標を以下のように定めた。

- (1) 10・15 モード 17.0km/L の低燃費
- (2) 平成17年度排出ガス基準75%低減レベルの低排出ガス
- (3) 常用域でそう快な走りを実現する低中速トルク
- (4) 静粛性改善と軽量化の両立

## 3. エンジン概要と主要諸元

Fig. 1 に R18A 型 i-VTEC エンジンの外観図を、Table 1 に従来型 D17A エンジンと比較した主要諸元を示す。ガソリンエンジンの燃費改善の手段として、吸気弁遅閉じによってポンピングロスを低減する手法が知られている<sup>(3)</sup>。本エンジンの特徴は、エンジンの負荷に応じてカムを切換えることにより、低負荷領域での吸気弁遅閉じによる燃費の改善と、高負荷領域での出力向上を両立させる新可変動弁機構 i-VTEC を採用していることである。

また、エンジンは軽量、コンパクト化をはかり、従来型 D17A エンジンに対して 5 kg の軽量化と、13mm の前後長短縮を実現している。

シリンダヘッドの断面図を Fig. 2 に示す。動弁系機構は、従来の D17A 型エンジンと同様に 1 本のロッカシャフトで吸気側ロッカアームと排気側ロッカアームを支持する構成とし、シリンダヘッドはバルブ挟み角を 46° から 34° まで縮小して燃焼室のコンパクト化を実現している。

また、Fig. 3 の 4 気筒集合の排気マニホールド一体のシリンダヘッドを採用して放熱面積を縮小し、触媒の早期活性化を図っている。

動弁系は、油圧・油圧切り替え方式の VTEC では初めてロッカアーム素材にアルミニウム合金を採用し、従来の鉄

Table 1 Engine specifications

| Engine code                     | R18A                                 | D17A                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| Cylinder configuration          | In-line 4-cylinder                   | In-line 4-cylinder                        |
| Bore × stroke (mm)              | 81 × 87.3                            | 75 × 94.4                                 |
| Displacement (cm <sup>3</sup> ) | 1799                                 | 1668                                      |
| Compression ratio               | 10.5 : 1                             | 9.9 : 1                                   |
| Valve train                     | SOHC i-VTEC<br>Inlet delayed closure | SOHC VTEC-E<br>1 intake valve<br>inactive |
| Number of valves                | 4 per cylinder                       | 4 per cylinder                            |
| Valve diameter (mm)             | In. 32<br>Ex. 26                     | In. 30<br>Ex. 26                          |
| Cylinder offset (mm)            | 12                                   | 0                                         |
| Intake manifold                 | Variable intake system               | Conventional                              |
| Gasoline                        | Regular (RON91)                      | Regular (RON91)                           |
| Max. power (kW/rpm)             | 103/6300                             | 96/6300                                   |
| Max. torque (Nm/rpm)            | 174/4300                             | 155/4800                                  |

製ロッカアームに比べ約 35%の軽量化を達成している。

ヘッドカバーは、材質を従来の軽合金(アルミニウム、マグネシウム)から樹脂製とすることにより、動弁系の放射音低減に貢献するとともに約 40%の軽量化を図っている。

主運動系は、軽量化と同時に高出力化に対応するため、Fig. 4 に示す高強度熱間鍛造クラッキングコンロッドを採用し、従来材料に対して疲労強度を約 50%高めた新材料とすることでロッド部の断面積を約 20%低減している。同時に、ロッド部とキャップ部を一体で鍛造した後クラッキングする製法を採用することにより、分割面の凹凸によって位置決めが可能となるためノックピンが不要となり、ボルトピッチを 1 mm 縮小することで、コンロッド単体で約 13%の軽量化を実現している。

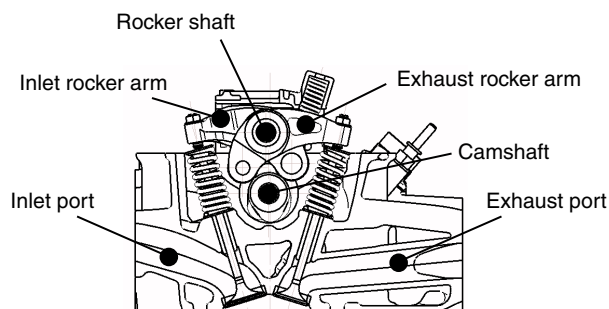


Fig. 2 Configuration of cylinder head



Fig. 1 R18A i-VTEC gasoline engine

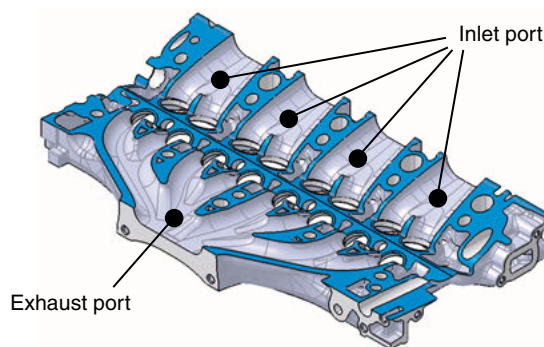


Fig. 3 Section view of exhaust manifold-integrated cylinder head

Fig. 5 にカム動弁系駆動部を示す。カムチェーンでは、チェーン配列を見直し最適化することで従来チェーンに対して1.9mmの細幅化を達成している。また、チェーンガイドやチェーンテンショナーアームを全て樹脂化し、テンショナーボディ材料にアルミニウム合金を採用することによって、動弁系駆動部全体で約35%の軽量化を達成している。

Fig. 6 に可変管長吸気マニホールドの構造を、Fig. 7 に管長切換えバイパスバルブの開閉状態を示す。この樹脂製可変管長吸気マニホールドにより、低中速域でのトルク向上と高速域での出力向上の両立を図っている。また、サージタンク部の断面形状を円形とすることにより放射音を抑制し、従来機種に対してサージタンク部の肉厚を30%低減している。

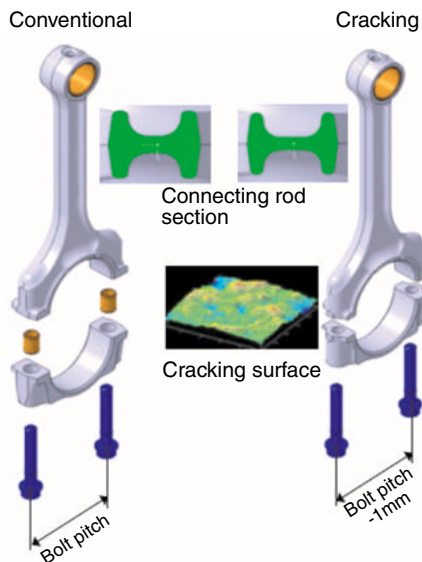


Fig. 4 Comparison of conventional and cracking connecting rod

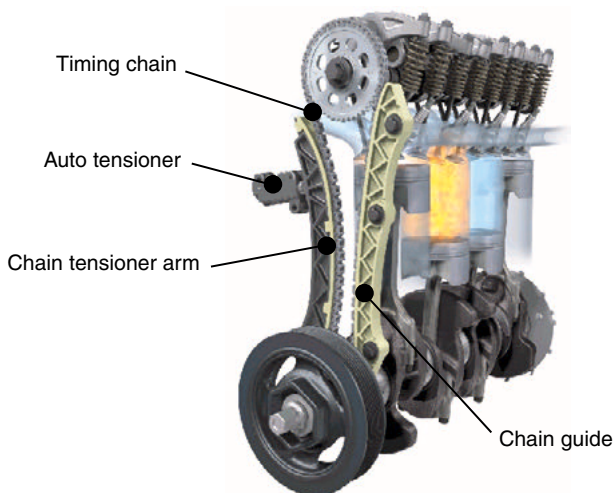


Fig. 5 Camshaft drive system

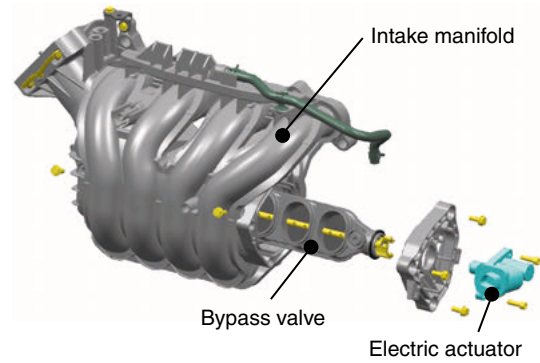


Fig. 6 Configuration of variable intake manifold

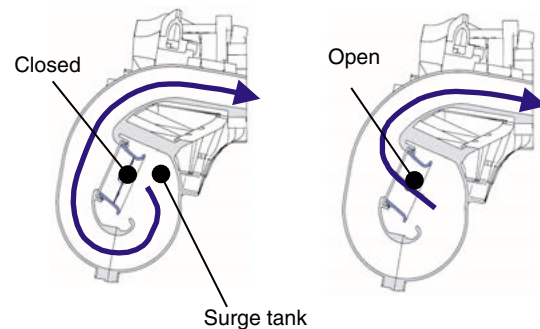


Fig. 7 Motion of bypass valves

#### 4. 出力性能

本エンジンの出力特性を Fig. 8 に示す。可変管長吸気マニホールドによる充填効率の向上、吸気ポートと排気ポート形状の最適化、高圧縮比化、コンパクト燃焼室とピストンオイルジェットによるノッキング改善、フリクション低減技術等の出力向上技術を採用している。これにより従来型エンジンに対して排気量当りのトルクを4%向上した。

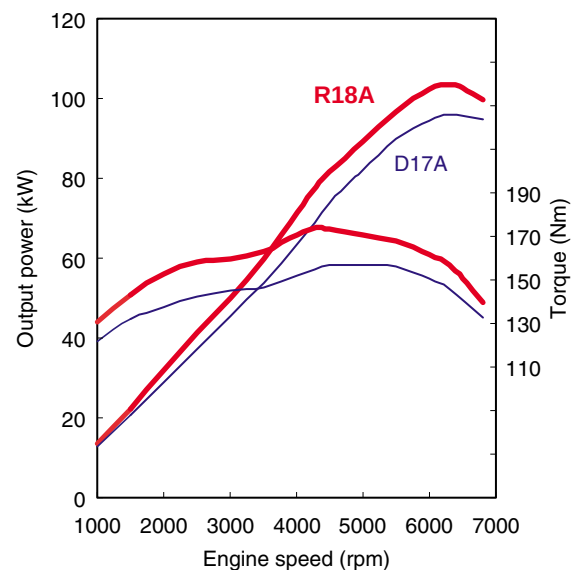


Fig. 8 Engine performance

## 5. i-VTEC 機構

### 5.1. i-VTEC 吸気弁遅閉じ機構

本エンジンの i-VTEC は、発進や加速時には最大出力を発生するカム(以下、出力カム)で吸気弁を駆動する。一方、クルーズ走行など低いエンジン負荷の場合には、片方の吸気弁の閉じ時期を遅らせたカム(以下、遅閉じカム)に切換え、同時に電子制御スロットルを開くことによりポンピングロス低減して燃費を改善する<sup>(4)</sup>。ここで、遅閉じカムのサイクルは、実効圧縮比より膨張比を大きくすることができる高膨張サイクルである。従来から、高膨張サイクルは燃費の向上には有効であるが、充填効率と実効圧縮比が低下するため出力の低下が課題とされている。これを解決して走りと燃費の両立を実現するため、i-VTECにより走行状況に応じて出力カムと遅閉じカムを最適に切換えることをねらいとしている。

i-VTECの切換えは、ロッカアーム内蔵のシンクロピストンを油圧で移動させることでロッカアームの連結と分離をおこなう。本エンジンでは、この切換え機構を吸気2弁の片方のロッカアームにのみ採用している。

Fig. 9 に動弁系と油路の基本構成を、Fig. 10 にロッカアーム構造とカムプロフィールを示す。この機構は CIVIC Hybrid搭載の休筒システム<sup>(5)</sup>と同様な機構であり、2系統油路を用いた油圧—油圧切換え方式である。

出力カム作動時はシンクロピストンBを油圧で移動させることによりシンクロピストンAを切離し、カムプロフィールAで吸気弁を駆動する(Fig.10(a))。

一方、遅閉じカム作動時は Fig. 10(b) に示すように、シンクロピストンAを油圧で移動させてロッカアームAとロッカアームBを連結し、遅閉じとなるカムプロフィールBで吸気弁を駆動する。

2系統油路の切換えには3方弁ソレノイドスプールバルブを採用し、切換え応答性を確保している。この油圧—油圧切換え方式により低回転低油圧領域から i-VTEC の切換え

が可能となり、低車速から遅閉じカムの燃費改善効果を得ることが可能となっている。また軽量化のため、油圧—油圧切換え方式では初めてロッカアームをアルミニウム合金製としている。

### 5.2. i-VTEC 切換制御

Fig. 11 に遅閉じカムの作動領域を示す。遅閉じカムに切換える領域はクルーズ走行の頻度が高い低回転低負荷とし、それ以外の始動、アイドル、高負荷、高回転は出力カムで作動する。また、i-VTEC の切換え条件は、エンジン回転数、スロットル開度、車速、エンジン水温等の情報をもとに判別する。

i-VTEC の負荷方向の切換えは、Fig. 12 に示すように電子制御スロットル開度と点火時期の補正でトルク段差の無いスムーズな切換えをおこなうことにより、遅閉じカムの全開トルクの約90%まで作動領域を拡大することが可能となっている。

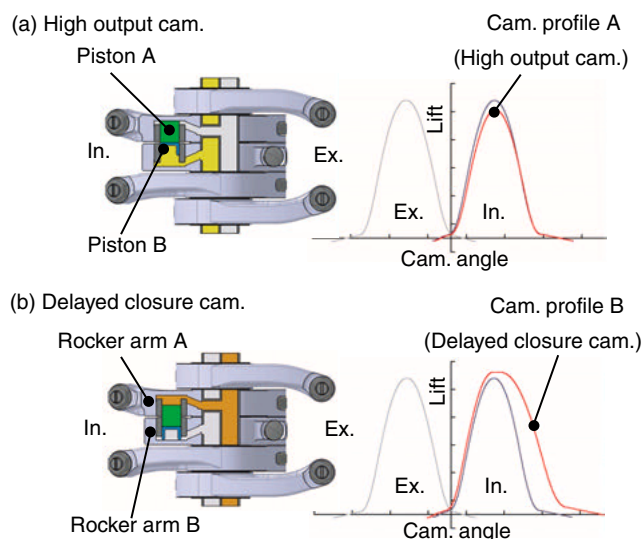


Fig. 10 Rocker arm and cam. profile

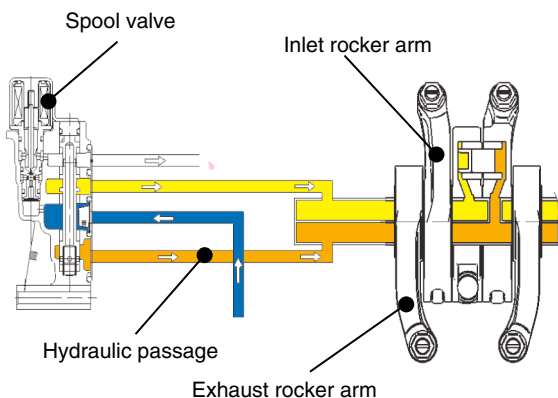


Fig. 9 Valve train and hydraulic passage

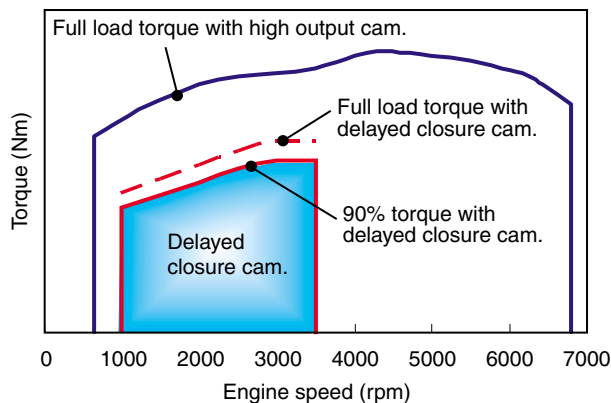


Fig. 11 Operational region of delayed closure cam.

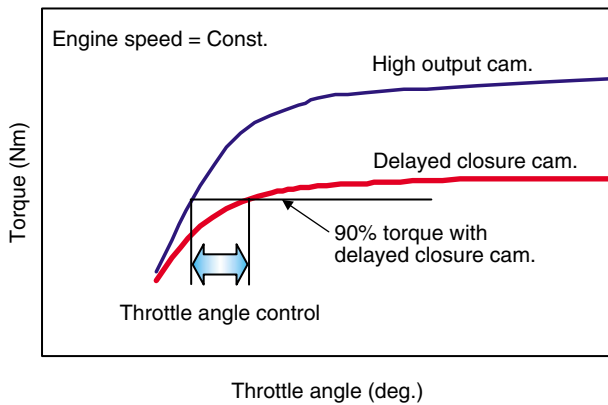


Fig. 12 Throttle angle control at i-VTEC switching

## 6. フリクション低減技術

吸気弁遅閉じによる燃費改善と併せて、これまでの i-VTEC シリーズエンジンで適用したオフセットシリンダ機構、ローラフォロワロッカアーム、イオンプレーティングピストンリング、ピストンスカートの二硫化モリブデンショットピーニング<sup>(6)</sup>、といったフリクション低減技術に加え、細幅カムチェーン、チェーンテンションスプリング荷重低減、カムジャーナル表面粗さ低減、ピストンリング張力低減等も採用している。

これらのフリクション低減技術により、従来型 D17A エンジンに対して 10%のフリクション低減を達成した。

## 7. エンジン単体燃費と車両燃費

Fig. 13 にエンジン総排気量に対する BSFC を示す。吸気弁遅閉じによるポンピングロスの低減とフリクション低減技術の採用により、従来型エンジンに対して BSFC を 6%改善し、希薄燃焼エンジン同等の単体燃費を理論空燃比燃焼で達成した。

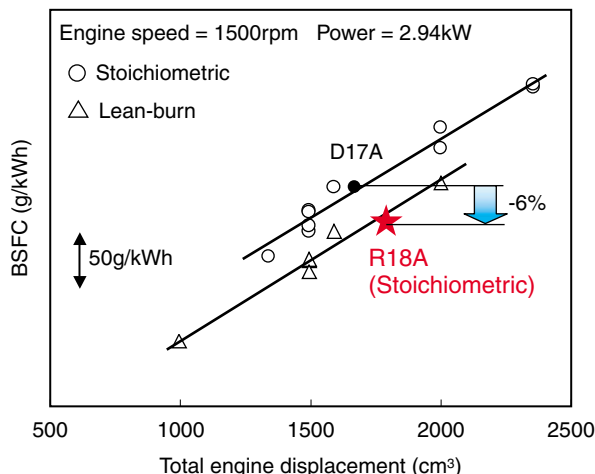


Fig. 13 Enhancement of BSFC

また、本エンジン搭載車両は、オートマチックトランスミッションのロックアップクラッチ締結領域の拡大等による燃費低減技術の採用も併せて、10・15 モード燃費 17.0km/L (平成 22 年燃費基準 + 5%) を達成した (Fig. 14)。

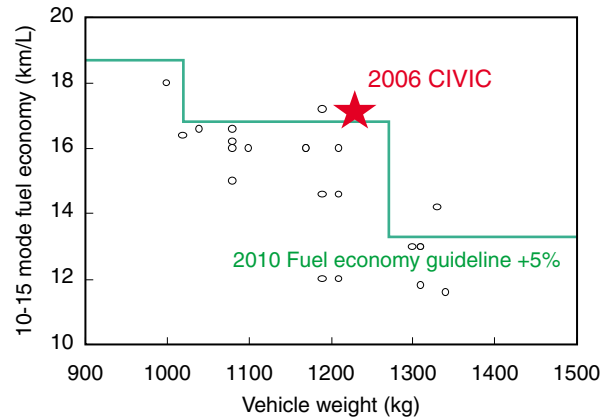


Fig. 14 Relationship between vehicle weight and 10-15 mode fuel economy in production stoichiometric gasoline vehicles

## 8. 低排出ガス技術

### 8.1. 排ガス処理システム

Fig. 15 にエキゾーストシステムを示す。排気マニホールド一体シリンダヘッドに直下 2 ベッド三元触媒を配置することにより、ヒートマスを低減して触媒の早期活性化を図っている。また触媒のフロントベッドの上流に UEGO センサ (Universal Exhaust Gas Oxygen Sensor) を、下流に HEGO センサ (Heated Exhaust Gas Oxygen Sensor) を配置し、空燃比の高精度適応制御をおこなうことにより、優れた浄化性能を実現している。これにより従来型エンジンに対して貴金属担持量を削減している。

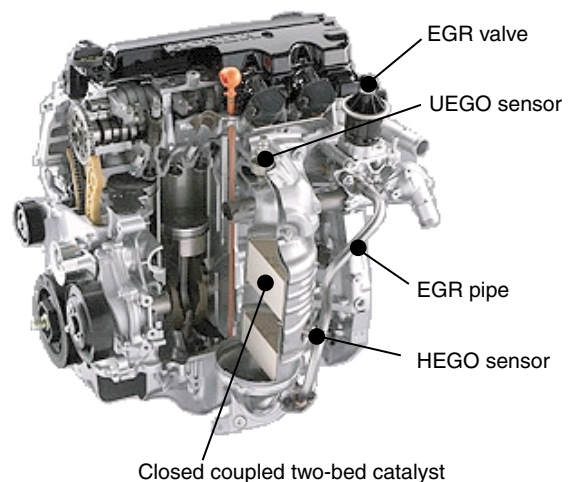


Fig. 15 Exhaust system

触媒を早期活性化してエンジン始動直後の排出ガスを低減するため、シリンダヘッド直下に2ベッドの触媒を配置している。また、Fig. 16に示すように触媒の浄化性能を最大限に活用することと劣化を抑制するため、触媒への排出ガス当たりを均一にすることが求められており、CFDを活用し触媒前方のコーン形状を最適化している。ヘッド出口直後に通路絞りを設け、絞りと触媒との間を滑らかにするベルマウス形状として排出ガスに指向性を持たせ、さらに壁面の渦損失を低減した良好なガス流れを実現している。

Fig. 17 に各気筒の排気行程における UEGO センサのガス当たり状態を示す。空燃比制御性向上のため、UEGO センサが各気筒の排出ガスをばらつきなく均等に検知できるよう、センサ配置の最適化を図っている。

## 8.2. EGR システム

Fig. 18 に EGR システムの構造を示す。R18A では EGR 通路の未燃 HC の除去を目的に、EGR ガスを触媒後方から取り出している。

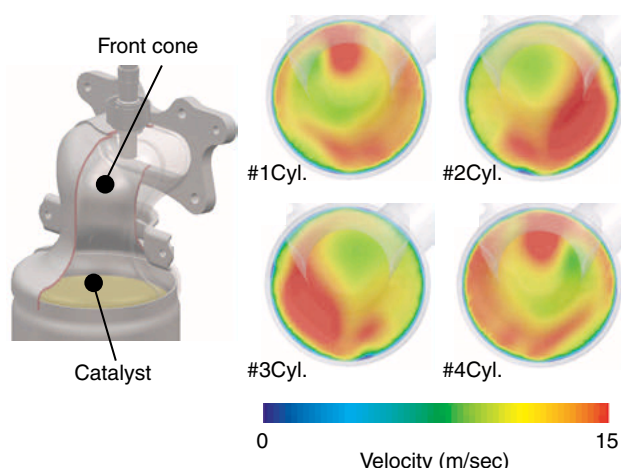


Fig. 16 Optimized exhaust gas feed to catalyst

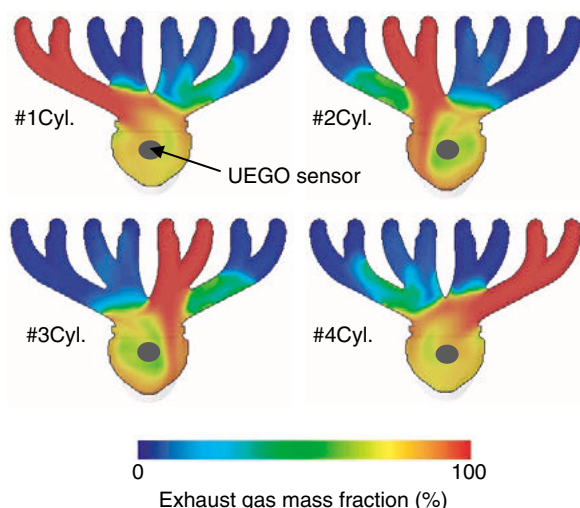


Fig. 17 Optimized UEGO sensor positioning

Fig. 19 に吸気マニホールド内の EGR 導入部付近の EGR ガス流れ解析結果を示す。スロットルバルブの低開度時はスロットルバルブ下流に反転流を生じていることがわかる。この反転流で EGR ガスがスロットルバルブに運ばれると汚れが発生するが、吸気マニホールド内の EGR 導入ジョイントの位置、導入方向を最適化することにより EGR ガスがスロットルバルブへ直接当たることを抑止している。

Fig. 20 にスロットル急閉過渡時の CFD 結果を示す。EGR ジョイントの形状、向き、長さを最適化することにより、吸

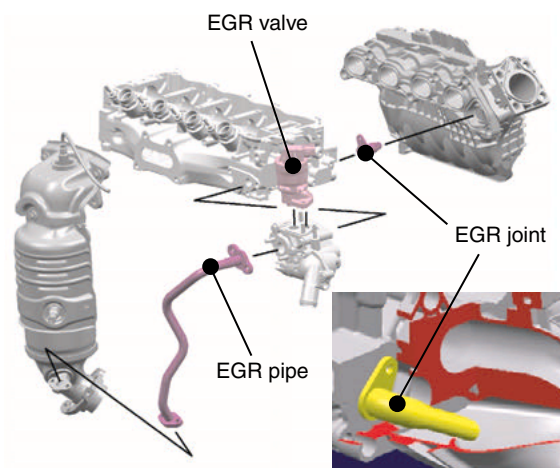


Fig. 18 Configuration of EGR system

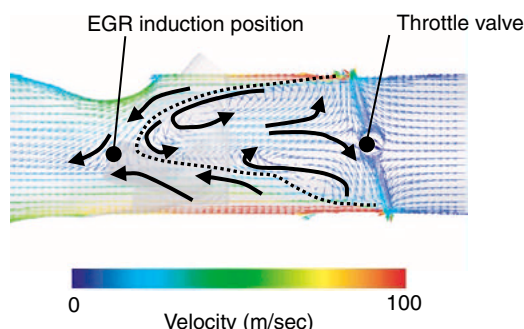


Fig. 19 Analysis of EGR gas flow around throttle valve

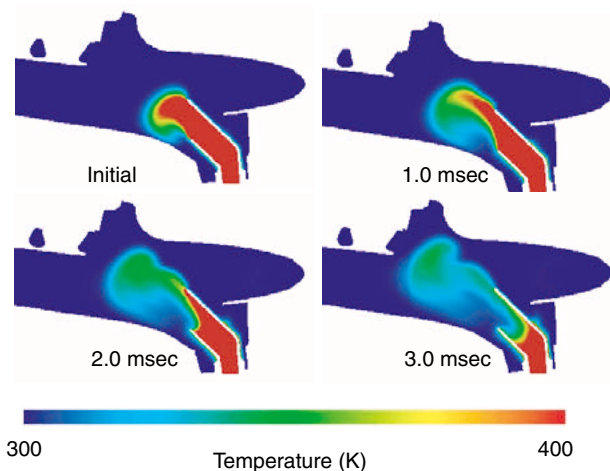


Fig. 20 Analysis of EGR gas flow at sudden throttle closing

気マニホールド壁面へ EGR ガスが直接当たることはなく、樹脂製マニホールドへの熱影響を低減している。また、EGR ガスと新気の混合が促進され、各気筒への EGR 配分も向上している。

これらの技術に加え、吸気ポートおよび燃焼室壁面への燃料付着量を抑えて始動時や暖機過程の未燃 HC 排出量を低減するため噴霧微粒化特性を改善した 6 穴マルチホールインジェクタや、電動 EGR バルブの高精度制御、エアフローセンサ、Map センサ、電子制御スロットルを用いた高精度空燃費制御の適用により、平成17年低排出ガス基準75%低減レベルの低排出ガスを実現した。

## 9. 振動騒音低減技術

本エンジンでは、直列4気筒エンジンで問題となりやすい加速時の 2000rpm から 4000rpm で発生する濁った音色のエンジン音(以下、ランブル音)の改善を図っている。

ランブル音は、クランク軸挙動に起因した周期的なエンジン振動がマウントを経由して車体に伝達される固体伝播音が主原因であり、その主成分はおよそ 200Hz から 800Hz である<sup>(7)-(9)</sup>。これを低減するため、下記の(1)から(4)を検討し、クランクシャフトで発生する源振動低減とクランクシャフトからエンジンマウントへの振動伝達感度の低減を図っている。

- (1) 往復部慣性力によるクランクシャフトの1次曲げ変形抑制
- (2) クランク軸受廻りの剛性向上
- (3) パワートレインの曲げ剛性向上
- (4) クランク軸受のオイルクリアランス縮小

クランクシャフト曲げ剛性と曲げモーメントの関係を Fig. 21 に示す。(1)については、適切なカウンターウェイト

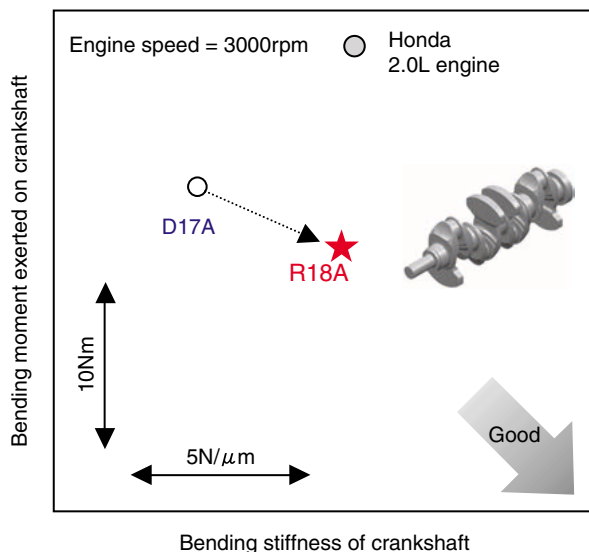


Fig. 21 Bending stiffness of crankshaft and bending moment exerted on crankshaft

トを付加することによって、クランクシャフトに作用する曲げモーメントを従来型エンジン同等以下に抑え、ピン幅の縮小、ウェブ廻りの補強等により、クランク曲げ剛性を弊社 2.0L エンジン同等としている。

(2)については、各クランク軸受と外壁面をラダーフレーム構造で一体化したロアブロック構造を採用することで、クランク軸受廻りの剛性を向上している。Fig. 22 にその構造を示す。

(3)については、軽量化を配慮しつつ、パワープラント曲げモードの腹となるエンジンとトランスミッションの結合部を重点的に補強している。その結果、従来型エンジンに対してパワープラントの曲げ共振周波数を約 20% 向上した。

(4)については、ロアブロックの各軸受部に鋳鉄(FC)を鋳込む方法が一般的であるが、R18Aエンジンでは軽量化のため FC の鋳込みを廃止している。それにより機関温度に対するオイルクリアランス変化代の増加が課題となるが、クランク軸受のかん合レンジの細分化によりクランク源振動を低減している。

Fig. 23 にエンジン回転数に対する中周波エンジン振動を示す。(1)から(4)の効果により、中回転域の中周波エンジン振動を従来型エンジンに対し約 10dB 低減し、軽量化とランブル音の改善を両立した。

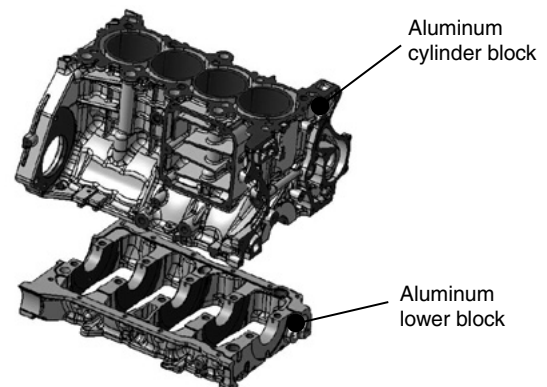


Fig. 22 Cylinder block and lower block

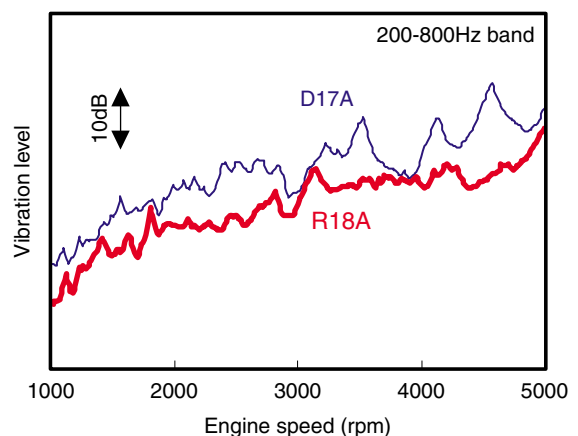


Fig. 23 Vibration level at the engine mount bracket end under full load

## 10. まとめ

走行条件に応じて出力カムと吸気弁遅閉じカムを切換える i-VTEC 機構を開発し、以下の結果を得た。

- (1) 従来型エンジンに対して排気量当りのトルク 4 %向上と、単体燃費 6 %改善を両立した。
- (2) R18A 型エンジン搭載車両でクラストップとなる 10・15 モード燃費 17.0km/L(平成 22 年燃費基準+5 %)を達成した。
- (3) 排気マニホールド一体シリンダヘッド、直下 2 ベッド触媒、高精度空燃比適応制御の採用により、平成 17 年度排出ガス基準 75%低減レベルの低排出ガスを達成した。
- (4) 従来エンジンに対して、静粛性を向上させつつ軽量・コンパクト化を実現した。

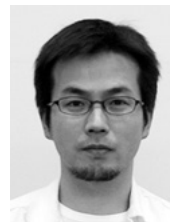
## 参考文献

- (1) 新里智則, 林有登: 新型 2.0L リーンバーンエンジンの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2, p.45-54
- (2) 野口勝三, 藤原幹夫, 瀬川誠, 澤村和同, 鈴木茂: V6 i-VTEC 可変シリンダシステムエンジンの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.16, No.1, p.85-92
- (3) 山名康介, 湯澤義晴, 志賀聖一, 西田憲二, 荒木幹也, 中村壽雄, 小保方富夫: 吸気弁遅閉じ超過膨張サイクルガソリン機関の性能に及ぼす吸気乱れ増大と希薄燃焼適用の効果, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.95-04, p.1-5(2004)
- (4) 瀬古一行, 林有登, 中嶋摩沙洋: i-VTEC 吸気弁遅閉じ機構による燃費改善技術, Honda R&D Technical Review, Vol.18, No.1, p.88-93
- (5) 松木正人, 若城輝男, 神山敏宏, 佐藤利行, 賀来嘉昭, 神田正浩: ハイブリッドカー「Civic Hybrid」用パワートレインの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.1, p.39-48
- (6) 中山幸夫, 鈴木誠, 岩田洋一, 山野順司: 2002 モデル「Fit」用 1.3L 2 プラグエンジンの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.13, No.2, p.43-52
- (7) 窪塚孝夫ほか: エンジン運転中のクランク軸挙動及びエンジン振動の実験解析, 自動車技術会論文集, No.23 (1981)
- (8) Kuroda, O., Fujii, Y.: An Approach to Improve Engine Sound Quality, SAE, 880083
- (9) 柘植和廣ほか: 加速時車内騒音の音色に関する一考察, 自動車技術, Vol.39, No.12(1985)

## ■著 者■



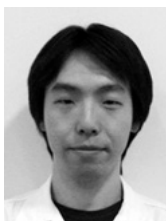
瀬古 一行



多賀 渉



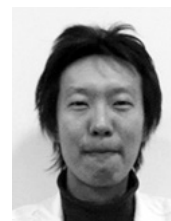
鳥居 建史



中村 聡



秋間 和洋



関谷 明堂