

新型 1.6 L 2ステージターボディーゼルエンジンの開発

Development of New 1.6 L 2-stage Turbocharged Diesel Engine for Honda CR-V

畑 野 潤 一*
Junichi HATANO
田 渕 太 郎*
Taro TABUCHI

西 森 顕*
Ken NISHIMORI
北 山 由 人*
Naoto KITAYAMA

福 島 寛 之*
Hiroyuki FUKUSHIMA
石 原 佳 敬*
Yoshinori ISHIHARA

要 旨

新開発のエンジンは、1.6 L 88 kW (55 kW/L) のダウンサイジングエンジンをベースとし、従来販売していた 2.2 L 110 kW (50 kW/L) ディーゼルエンジンに置き換わる動力性能を目標とした。1.6 L 88 kW ディーゼルエンジンの構造とのコモンリティを最大限有しつつ、高出力を目的として 2 ステージターボを適用した。エンジンの構造強化として、ベアリングキャップやヘッドガスケットなどの部品を専用に設計し、118 kW (74 kW/L) の高比出力を実現した。また、新開発の NO_x 還元触媒を採用して欧州排出ガス規制 EURO6 のエミッション規制に適合させた。燃費向上技術としては、さらなる機械損失の低減、燃焼適合による燃焼効率の向上を図った。これらの適用技術により高出力、EURO6 適合、低燃費を兼ね備えたパワーユニットを開発し、欧州向けモデル 2015 年 CR-V に搭載した。

ABSTRACT

This newly developed engine is based on a downsized 1.6 L 88 kW (55 kW/L) engine, with dynamic performance aimed to replace the previous 2.2 L 110 kW (50 kW/L) diesel engine. The new engine uses a 2-stage turbocharger to achieve high power while maintaining the maximum commonality with the structure of the 1.6 L 88 kW diesel engine. The bearing cap, head gasket and other parts have been specially designed to reinforce the engine structure, realizing high-specific power of 118 kW (74 kW/L). In addition, a newly developed NO_x storage catalyst is used, complying with the European EURO 6 emission standards. Technologies for enhancing fuel economy include further reduction of mechanical friction and enhancement of combustion efficiency by combustion calibration. These technologies were applied to develop a EURO 6-compliant power unit that provides high power with low fuel consumption, and this power plant was mounted in the 2015 CR-V for Europe.

1. まえがき

近年、地球温暖化やエネルギー資源など環境課題への関心がますます高くなっており、乗用車からの CO₂ 排出量低減は社会から強く求められている。加えて、動力性能への要求も高くなっており、これらの観点でドライバビリティと低燃費性能の両立に優位性を持つディーゼルエンジンの進化が期待されている。このような背景の中、Honda は 2003 年に 2.2 L の直列 4 気筒 i-CTDi ターボディーゼルエンジン⁽¹⁾を開発し、欧州市場において Accord に搭載した。以降、この 2.2 L ディーゼルエンジンは CR-V や Civic など複数の車種に適用されてきた。2008 年には 2.2 L の第

2 世代として、圧縮比やインジェクタなどの燃焼系仕様を一新した i-DTEC ディーゼルエンジン^{(2), (3)}を開発し、欧州排出ガス規制 EURO5 (EURO5) に適合させるとともに燃費性能も向上させた。2009 年に発売した CR-V は、この i-DTEC ディーゼルエンジンを搭載し、New European Driving Cycle (NEDC) モードの CO₂ 排出率 149 g/km を達成した。

2011 年 11 月、パワートレインの効率向上によって得られる低燃費と動力性能をはじめとした商品性を高次元で両立させる技術群として EARTH DREAMS TECHNOLOGY を発表した。その第 1 弾として、第 3 世代のディーゼルエンジンとなる 1.6 L 88 kW の i-DTEC ディーゼルエンジ

* 四輪 R&D センター

Table 1 Engine specifications

	2.2 L 110 kW (150 PS)	1.6 L 88 kW (120 PS)	1.6 L 118 kW (160 PS)
Engine	Inline 4-cylinder DOHC 4 valves		
Bore x Stroke	φ 85 x 96.9 mm	φ 76 x 88 mm	
Displacement	2199 cm ³	1597 cm ³	
Compression ratio	16.3	16.0	
Cylinder block	Advanced semi-solid casting technology (ASCT) closed deck	High pressure die-casting (HPDC) open deck	
Max. torque	350 Nm /2000-2750 rpm	300 Nm /2000 rpm	350 Nm /2000 rpm
Max. power	110 kW(150 PS) /4000 rpm	88 kW(120 PS) /4000 rpm	118 kW(160 PS) /4000 rpm
Crankshaft main bearing diameter (mm)	φ 62	φ 55	φ 55
Conrod bearing diameter (mm)	φ 51	φ 39	φ 42
Balancer	Applied	N/A	Applied
Turbocharger	Variable geometry turbocharger, Honeywell GT14	Variable geometry turbocharger, Honeywell GT12	Serial-sequential 2-stage turbocharger, Honeywell GT10/GT15
Common-rail fuel injector	Piezo (Max. 180 MPa) φ 0.123 mm x 7 holes	Solenoid (Max. 180 MPa) φ 0.114 mm x 8 holes	
EGR system	HP hot EGR of HP cooled EGR	HP hot EGR and/or LP cooled EGR	
Aftertreatment	DOC and DPF	NSC and DPF	NSC and DPF
Emissions	EURO5		EURO6
Vehicle	CR-V 4WD	CR-V 2WD	New CR-V 4WD
Fuel consumption (NEDC)	149 g/km	119 g/km	129 g/km

ンを発表し、2013年初頭に欧州向け Civic に搭載した⁽⁴⁾。従来の 2.2 L のディーゼルエンジン⁽⁵⁾、⁽⁶⁾を一新し、ダウンサイジングによって得られる世界最軽量のエンジン重量とガソリンエンジンに肉薄する低フリクション化などパワートレインの高効率化を図った。その結果 EURO5 適合車でクラストップレベルの低燃費を実現した。

本開発では、低燃費コンセプトに加え、さらなる走行性能の向上を目標に掲げ、1.6 L のディーゼルエンジンをベースに高出力化した。エンジン主要構造部品はオープンデッキ構造のアルミシリンダブロック⁽⁷⁾など基本部分を既存の 1.6 L エンジンと共用している。新エンジンを搭載した CR-V は欧州排出ガス規制 EURO6 (EURO6) に適合し、2.2 L のディーゼルエンジンの置き換えとなる走行性能を有しつつ、NEDC モードで CO₂ 排出率 129 g/km の燃費性能を達成した。本稿では、新エンジンに適用した高出力化技術、EURO6 適用技術および燃費向上技術について述べる。

2. 新開発エンジンの概要

新エンジンの主要諸元を Table 1 に、システム構成図を Fig. 1 に示す。本エンジンは先行して発売している 1.6 L 88 kW i-DTEC ディーゼルエンジンの骨格⁽⁷⁾とのコモン

リティを考慮している。主要部品として、ピストンの燃焼室形状やインジェクタなどの燃焼系仕様⁽⁸⁾を共通化している上、エミッションコントロールデバイスとして Low Pressure Exhaust Gas Recirculation (LP-EGR)⁽⁸⁾、⁽⁹⁾を備えていることが挙げられる。新エンジンの特徴として下記に挙げた三つの技術項目をコンセプトとして設定した。

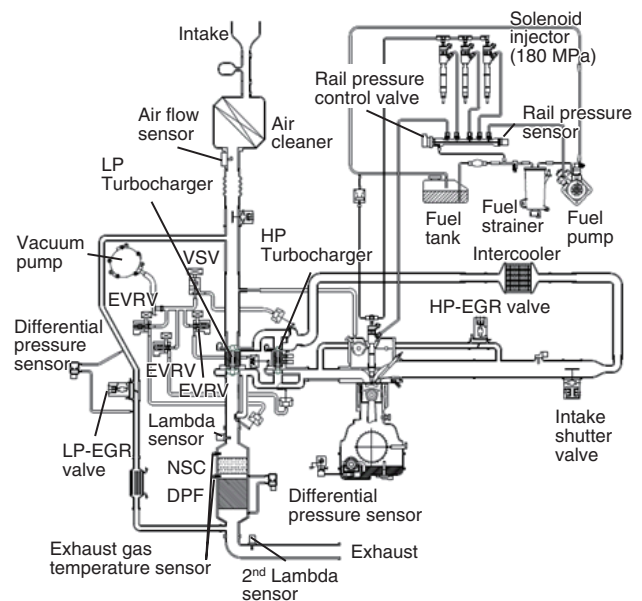


Fig. 1 Engine system layout

- (1) 高出力化のためにシリアルシーケンシャル 2 ステージターボを適用した。高過給によって上昇する筒内圧力に耐えうるヘッドガスケットとベアリングキャップ、レシプロ系部品を高出力用に専用設計した。
 - (2) EURO6 適用のために新開発の NO_x 還元触媒を適用した。
 - (3) 燃費向上のためにポンピングロス低減を考慮したターボ仕様を採用し、さらなる機械損失の低減⁽¹⁰⁾と燃焼適合の最適化を実施した。
- 次章以降にこれらの技術に関する詳細を述べる。

3. 新開発エンジンへの適用技術

3.1. 2 ステージターボによる高出力化

高出力化には目標出力に応じた吸入空気量の確保が必要であり、適切なターボのサイズが求められる。ターボサイズの選定に関する概念図を Fig. 2 に示す。Fig. 2 はターボの修正流量と圧力比からなるコンプレッサマップをイメージしている。比出力を上げるためには、前モデルの 1.6 L 88 kW にて選定したシングルターボに比べ、必然的に要求流量が多くなりターボサイズは大きくなる。一方、低回転低負荷の運転条件における過給性能、燃費性能および過渡の吸気レスポンス性能が小型ターボに比べて低下するといった課題があった^{(10), (11)}。

この課題を解決するために、新エンジンでは Honda 初のハネウェル社製 2 ステージターボを採用した。外観を Fig. 3 に示す。低圧段のターボ (LP ターボ) には 118 kW の出力性能を満たすため Fig. 2 のイメージのように流量を確保するサイズを選定する必要がある。最高過給圧 2.98 bar、最大タービン回転数 226000 回転の GT15 を採用した。また、高圧段のターボ (HP ターボ) には低回転からの加速性能を確保するために、88 kW のシングルターボに比べてサージリミットが高圧力比側にシフトした小型のターボとして、最大タービン回転数 290000 回転の GT10 を選定した。ここで、GT10 のターボには Waste Gate Valve (WGV) 方式ではなく、Fig. 4 に示すようにタービンの作動ガス流

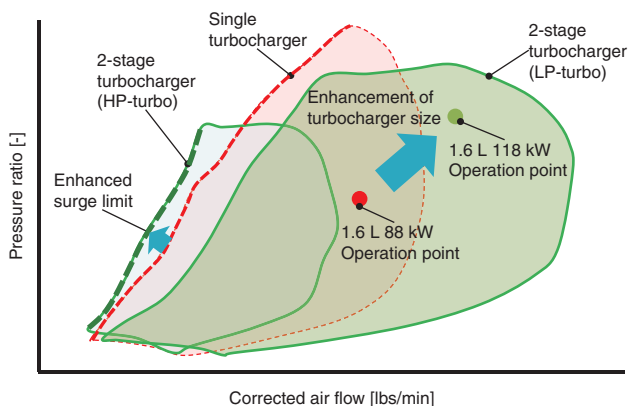


Fig. 2 Concept for determining turbocharger size

量が可変となる構造を有する Variable Geometry Turbine (VGT) 方式のターボを採用した。

Fig. 5 において、横軸にターボ仕様に伴う NEDC モードの燃費に対する影響を、縦軸に 3 速全開加速時のピーク加速速度を取り、HP ターボの方式に関する選定の考え方を示

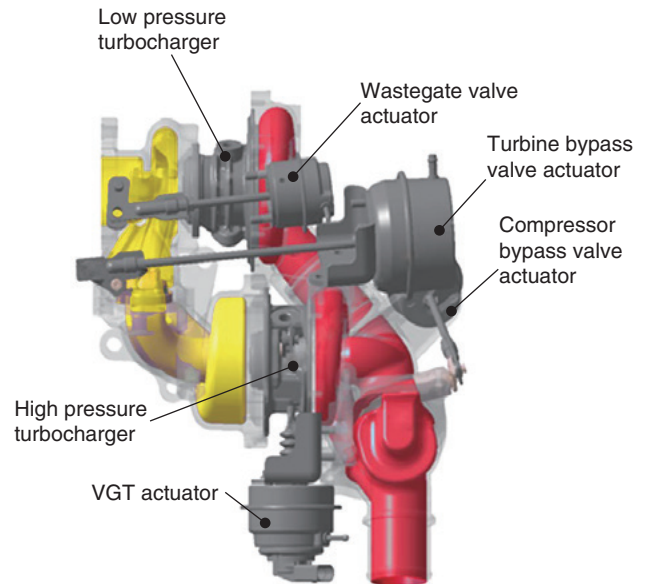


Fig. 3 Overview of 2-stage turbocharger

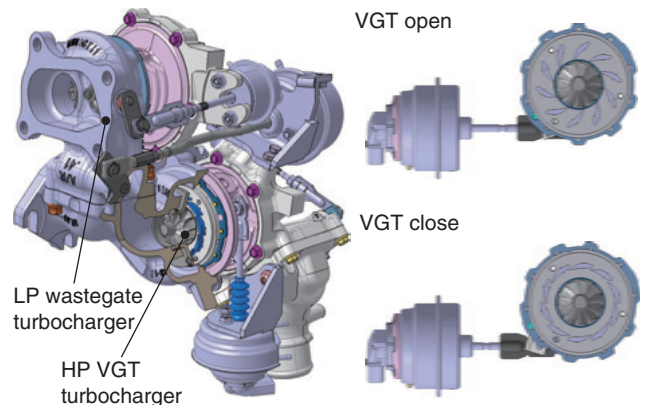


Fig. 4 Structure of VGT

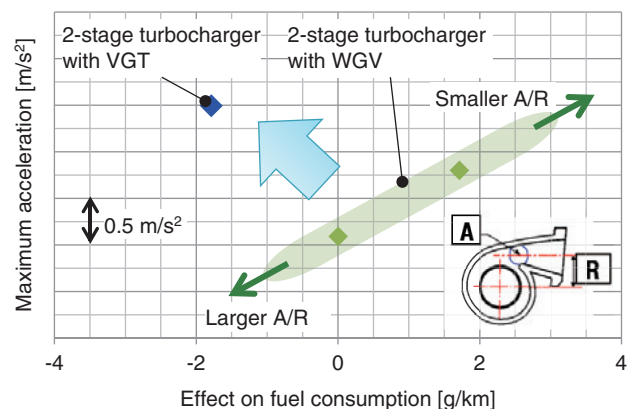


Fig. 5 Effect on dynamic performance and fuel consumption between WGV and VGT for HP turbocharger system

す。1.6 L クラスの 2 ステージターボの構造としては低圧側と高圧側の両方を WGV によって過給制御するものが一般的である。しかしながら、HP ターボに固定タービンを採用すると、そのサイズの指標となるタービン入口の断面積 (A) とタービンホイール半径 (R) の比率 (A/R) の選択により加速性能と圧力損失に伴う燃費影響とが二律背反し、性能を両立させることができない。

そこで新開発エンジンでは、1.6 L クラスの乗用車用量産 2 ステージターボとして世界初の VGT 方式のターボを HP ターボに採用した。低回転時の過給性能を向上させてスムーズな加速性能を確保するとともに、HP ターボ使用領域のポンピングロスの低減により燃費性能の向上を両立させた。VGT 方式の採用により、運転条件に応じて任意のペーン開度で目標過給圧を得られることから、NEDC モードにおいてシングルターボの背圧に近づけることができ、ポンピングロスの低減に寄与している。ターボ制御方式の違いによる背圧の比較とその燃費低減効果を Fig. 6 に示す。VGT 方式は同一の要求過給圧における背圧を WGV 方式に対して低減することができ、NEDC モードにおける CO₂ 排出率を 3.5 g/km 低減させる効果が得られた。

採用した 2 ステージターボの構成概略図を Fig. 7 に示す。HP ターボと LP ターボを切り替えるためのバルブ構成として、吸気側は HP ターボのコンプレッサをバイパスするバルブ (Compressor bypass valve: CBV) を、排気側は HP ターボのタービンをバイパスするバルブ (Turbine bypass valve: TBV) をそれぞれ配置し、VGT と WGV を合わせた四つのデバイスをエンジンの使用領域に応じて作動させ過給圧を制御している。

ここで、各バルブが運転条件においてどのように作動するかを Fig. 8 に示した。低回転時には VGT のみで過給圧

制御して、その他のバルブは全て閉じている [Fig. 8(a)]。中回転域では VGT が全開になった後、TBV によって過給圧制御がおこなわれ、この間、CBV と WGV は閉じている [Fig. 8(b)]。さらに TBV も全開になった後は LP ターボの WGV によって過給圧制御をおこない、CBV も開いて LP ターボ単独での過給圧制御となる [Fig. 8 (c)]。各領域の遷移はモデルベースによるバルブ協調制御で具現化した。

3.2. 高出力対応のエンジン構造

高出力化に際しハードウェアに求められる要求性能として、二つ挙げられる。一つ目は、高過給化に伴う筒内圧力の上昇に耐え得る骨格強度が必要となる。このため 1.6 L 88 kW のモデルに対してコンロッドベアリングの径を ϕ 39 から ϕ 42 へ上げ、燃焼荷重の増加に対応した。なお、メインジャーナル径は 88 kW 仕様の設計の際に 118 kW を想定しているため ϕ 55 の共通のブロックとしている。その他の骨格強化のための変更として、ベアリングキャッ

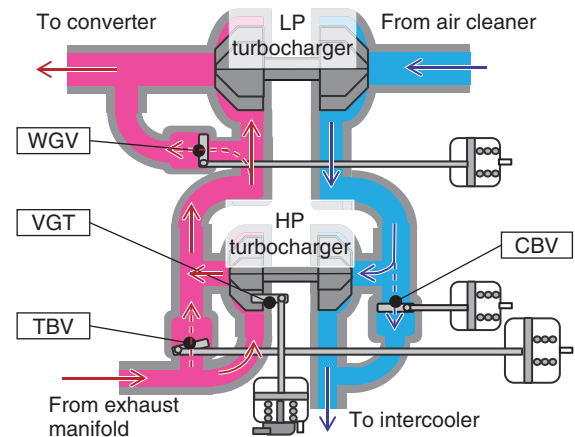


Fig. 7 Diagram of 2-stage turbocharger

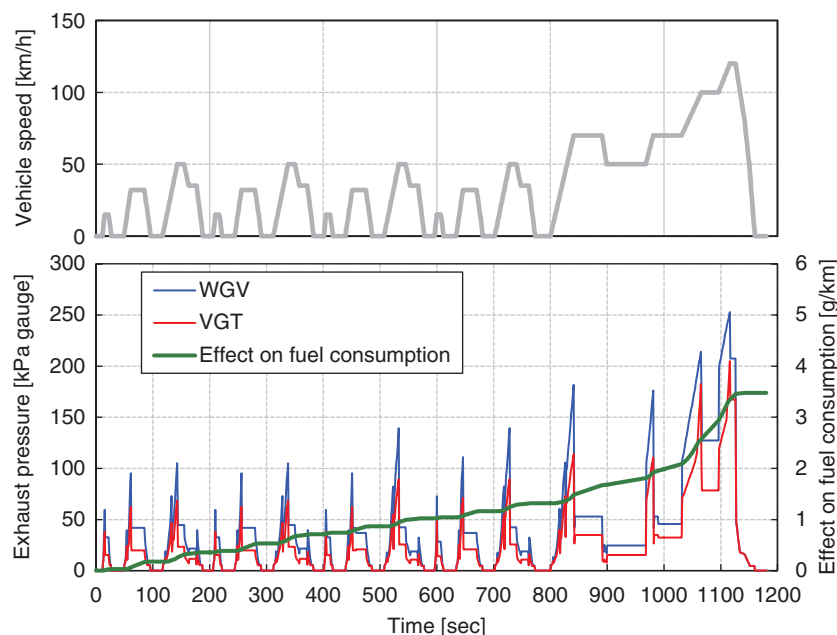


Fig. 6 Effect of pumping loss reduction between VGT and WGV

プの剛性を向上し、ヘッドガスケットのシール構造と材質を変更した。

高出力化骨格の二つ目の要求性能として、熱負荷の増加への対策が必要である。ピストンを冷却するエンジンオイルのクーリングチャンネルのレイアウトを最適化し、クーリングジェットの流量を従来の 1.5 L/min から 3.8 L/min へと必要最小限の流量に増加させてピストンおよびブロックの軸間温度を低減させた。また、前モデルのパルプタイミングは低回転側のポンピングロス低減し低中負荷走行時の燃費向上を目的として設計している。一方新エンジンでは、高出力化への対応として吸気弁を広開角設定し、吸気と排気それぞれのバルブリフト量を増加させて、出力点での体積効率増加を図る設計とした。これにより、全負荷時の燃費性能を向上させることが可能となりシリンダブロックおよびシリンダヘッドへの過度な熱負荷を下げ、高比出力に耐え得る一助とした。

ここまでに示した高過給化と高出力対応骨格の採用により、新開発エンジンは Fig. 9 の出力およびトルクカーブに

示すように、2000 rpm で最大トルク 350 Nm、4000 rpm で最大出力 118 kW を達成した。

3.3. EURO6 適用技術

新エンジンは 1.6 L 88 kW のエンジン仕様と最大限のコモナリティを有することで、高出力と低コストを両立している。したがって、燃料噴射系の仕様（噴孔数、噴孔径、ノズルコーン角、最大燃料噴射圧）および、ピストンの燃焼室形状、圧縮比は 1.6 L 88 kW 仕様と同じである⁽⁸⁾。このため EURO5 に適合している前モデル同様、LP-EGR によって得られる高効率燃焼と全域 2 段 Pilot 噴射 (PI) を基本噴射パターンとした拡散燃焼主体の等容度の高い燃焼設定を踏襲した^{(8), (9)}。高過給高 EGR によるポンピングロスの増加と燃焼効率の低下を避けフィードガスレベルを EURO5 に維持⁽⁸⁾しながら低燃費性能との両立を図り、後処理システムを付与することにより EURO6 に適合するコンセプトとした。

しかしながら、Fig. 10 に示すように低燃費化と 2 ス

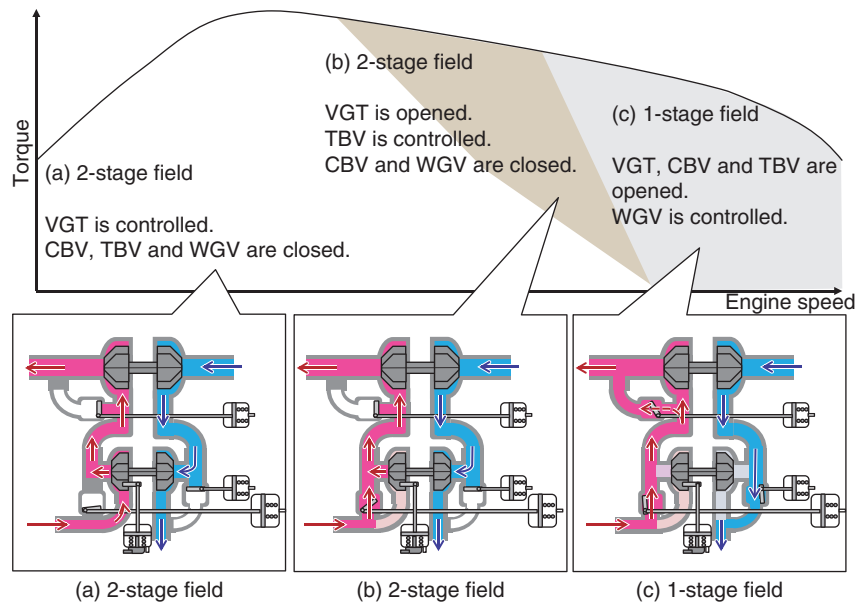


Fig. 8 Turbocharger operating strategy in engine map

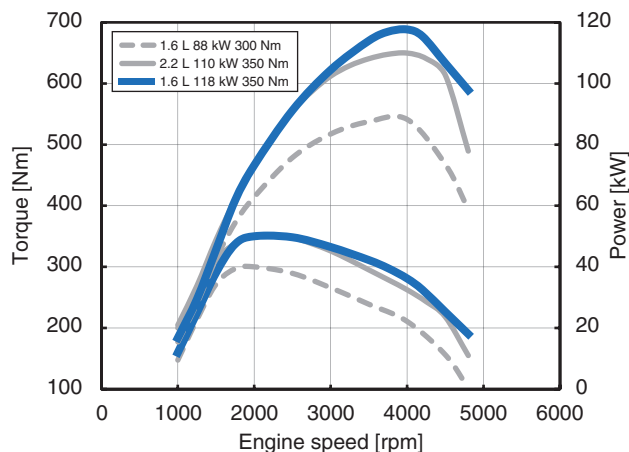


Fig. 9 Power and torque curve

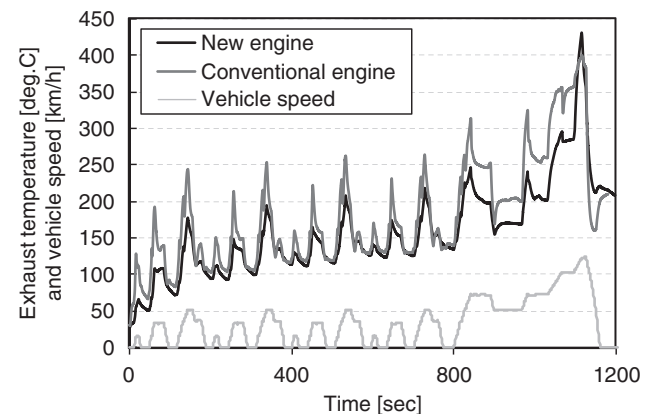


Fig. 10 Exhaust gas temperature in NEDC mode

テージャーボ搭載によるヒートマスの増加で、排気温度の低下が避けられないという課題がある。排気温度の低下に伴う NOx 還元触媒 (NOx storage catalyst: NSC) 床温の低下に対応するために、低温時でも NOx を吸蔵する新たな触媒の開発が求められた。また、従来の NSC では EURO6 の NOx 規制値を満足する浄化性能を有していないため、NOx 浄化率を EURO5 比で 40 ポイント以上向上させる必要があり、高温時も含めた幅広い温度域での NOx 還元率の向上が必要である。

この課題を克服するために、前モデルで使用した触媒に対して吸着材をゼオライトからバリウムに変更したうえ、最適な Platinum Group Metals (PGM) の担持密度を選定した。触媒表面構造の最適化と従来に対しての PGM 量の増加により、浄化開始温度の低温化が実現し、冷間時からリーン雰囲気において NOx が PGM に酸化されてバリウム表面への吸着性が向上した。この結果、Fig. 11 のように低温から高温までの幅広い触媒温度域において NOx 浄化率をさらに高めることができたうえ、CO および HC の浄化性能も向上した。

3.4. 燃費向上技術

新開発エンジンの燃費向上技術の内訳は、機械損失の低減、HP ターボに VGT 方式を備えた 2 ステージターボによるポンピングロスの低減および After 噴射の適用による燃焼改善である。

機械損失低減の主なねらいはレシプロ系のしゅう動抵抗低減であり、Fig. 12 に示すピストンのスカート面積縮小やチェーンガイドの低摩擦コーティング、カムジャーナルのしゅう動抵抗を下げるために面粗度を向上させる加工を取

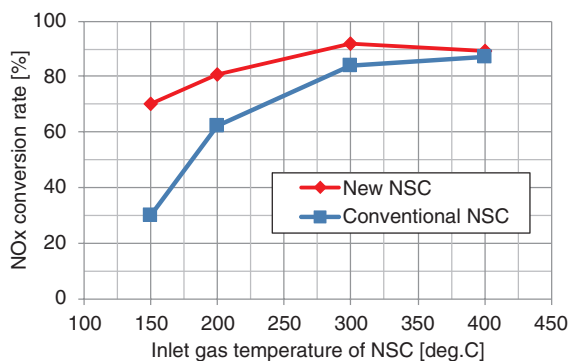


Fig. 11 NOx conversion rate of new NSC (test piece)

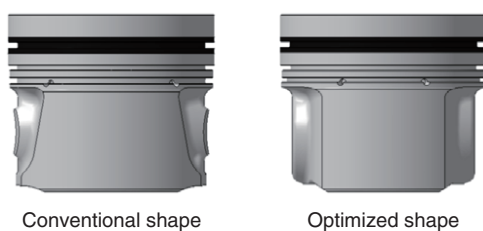


Fig. 12 Comparison of piston skirt area

り入れた。また、Fig. 13 に示した通り高出力化部品として設定したバルンサのウェイト形状を最適化し、オイルパンに溜まる潤滑油の油面をバルンサがかくはんする抵抗を低減した。これらの機械損失の低減により、1500 rpm における機械損失を 2.2 L 110 kW の前エンジンに対して 50% 低減した⁽¹¹⁾⁻⁽¹³⁾。

なお、Fig. 14 に示した新エンジンで適用しているバルンサは、駆動増速比をチェーンのみで 2 倍速とする仕様において課題となるバルンサ駆動チェーンとスプロケットの噛み合い時に生じる衝突音を解消するため、チェーンの増速比は 1.3 倍と抑え、1.5 倍の増速ギヤで 2 倍へと増速させており、衝突音を低減して静粛性をさらに向上させた仕様としている。

燃焼適合においては、1.6 L 88 kW に比べ、さらなる熱効率の改善のために冷却損失と等容度の改善を目的として After 噴射を適用した。Fig. 15 に After 噴射を適用した 1500 rpm, BMEP 645 kPa における熱発生率を示す。同一の要求トルクに必要な主燃焼の燃料量が After 噴射量の分減少するため、主燃焼における熱発生率が低く抑えられ、燃焼室壁面およびシリンダヘッド壁面からの冷却損失を低減できる。また、主燃焼に起因する燃焼音が増大することなく着火時期を進角できるため、等容度が向上して燃費低減に寄与している。噴射パターンは前述の通り全域 2 段 PI に Main 噴射 (MI) を加えたトータル 3 段噴射を基本とした。Model Based Calibration (MBC) を活用した適合⁽⁵⁾

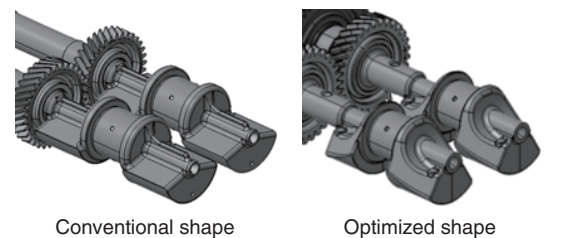


Fig. 13 Optimization of balancer weight shape

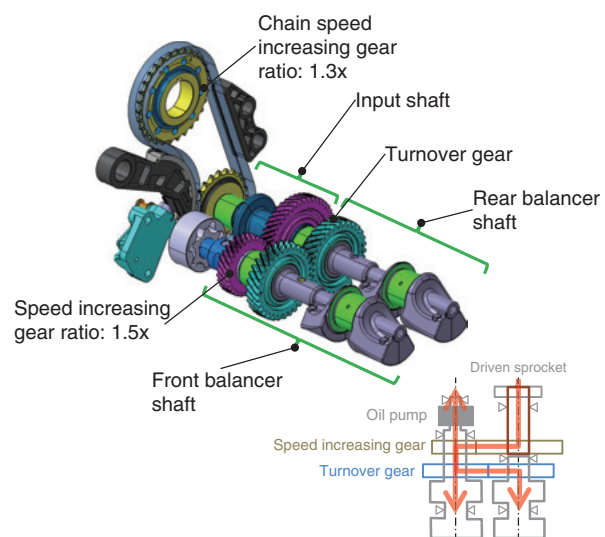


Fig. 14 Overview of balancer system

により After 噴射による燃費改善効果が得られた。また、低中負荷域に限り After 噴射を追加設定した。これにより NEDC モードにおいて 0.5% の燃費改善効果を得た。

これまでに示した燃費低減技術により、Fig. 16 に示すようにエンジン単体として正味燃料消費率 (BSFC) の改善効果 (1500 rpm) が 2.2 L の前モデルに対して得られた。

3.5. 車両の出力、エミッションおよび燃費の性能

これまでに示した高出力、EURO6 および低燃費化に関する各技術は 2015 年に発売を開始した欧州向け新型 CR-V に搭載のパワーユニットに適用した。新エンジンの、車両における動力性能を従来のエンジンと比較するテストとして、CR-V による 3 速全開加速をおこなった。その結果を Fig. 17 に示す。加速性能の指標の一つである加速時の最高到達加速度 (ピーク G) の絶対値を 7.5% 向上させるとともに、もう一つの指標であるピーク G に至るまでの所要時間も短縮した。1.6 L 88 kW 仕様の前モデルはもちろん、目標としている 2.2 L の置き換えとなる走行性能に対しても同等の商品性を確保させることが可能となった。

エンジン出力の競合他社との比較を Fig. 18 に示す。SUV セグメントにおける 4WD, MT 仕様での燃費と出力のトレンドラインにおいて競合トップクラスと同等の低燃費と動力性能の両立を達成した⁽¹¹⁾⁻⁽¹³⁾。

また、エミッションと燃費の達成値についても Fig. 19 (a), (b) にそれぞれ示す。2.2 L では EURO5 適合で CO₂ 排出率 149 g/km であったのに対し、新エンジンでは EURO6

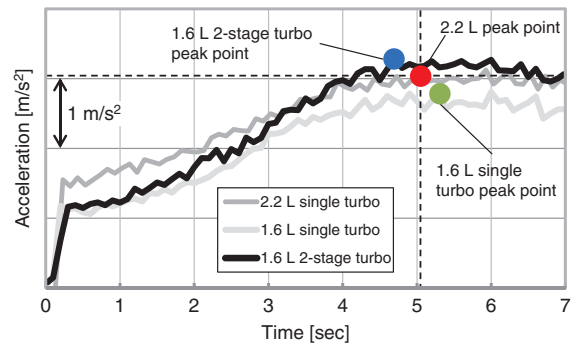


Fig. 17 Dynamic performance of 2-stage turbocharger

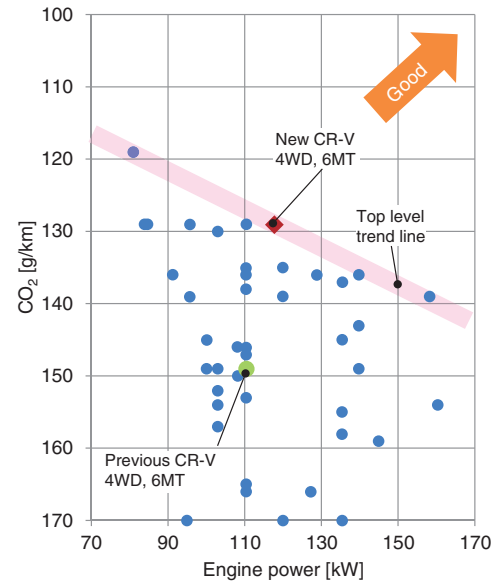


Fig. 18 Fuel consumption and engine power compared with competitors

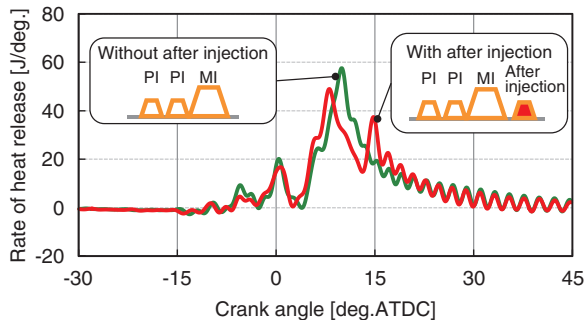


Fig. 15 Rate of heat release with after injection

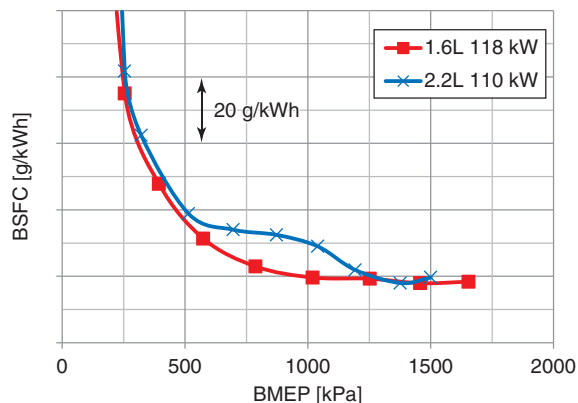
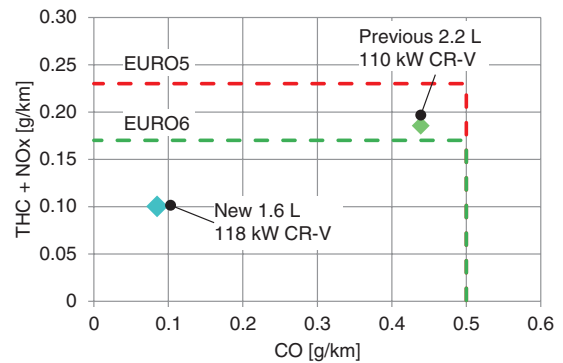
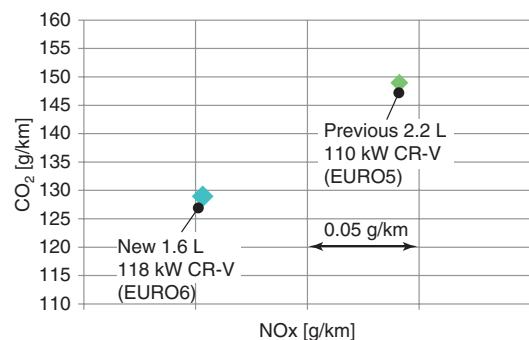


Fig. 16 Enhancement of BSFC from previous engine



(a) CO and THC + NOx



(b) NOx and CO₂

Fig. 19 Comparison of emissions with previous engine

に適合した上で CO₂ 排出率 129 g/km を達成し 13.4% の燃費向上を実現した。

4. 結論

Honda 初となる 2 ステージターボを適用した高出力、EURO6 適合、低燃費の 1.6 L ディーゼルエンジンの開発を通じて、以下の技術的成果を得た。

- (1) 2 ステージターボによる高過給とそれに伴う筒内圧力の上昇を支える最小限の構造強化により低コストを維持しながら 118 kW の高出力化を達成した。
- (2) 低温から高温域まで高い浄化率を発揮する NSC の開発により、高い燃焼効率を維持しながら EURO6 の排出ガス規制に適合した。
- (3) 2 ステージターボの HP ターボへの VGT 採用により、低回転域からの過給応答性とポンピングロスを改善した。また、機械損失の低減や燃焼適合の改善により、2015 年に発売した欧州向け新型 CR-V において、NEDC モードにおける CO₂ 排出率 129 g/km の燃費性能を達成し、クラストップレベルの燃費と動力性能を両立した。

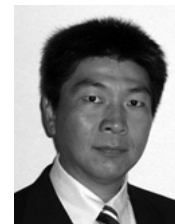
参考文献

- (1) 阿部智也, 松井竜太: 新開発アコード用ディーゼルエンジン, 自動車技術会シンポジウムテキスト, No.10-04, p.1-7 (2004)
- (2) 松井竜太, 下山和明, 千葉勲, 日高尚志, 野中繁治: EURO-V 対応高出力ディーゼルエンジンの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.20, No.1, p.19-24
- (3) 日高尚志: ホンダ Euro5 ディーゼルエンジンの開発, 自動車技術会フォーラムテキスト, No.10 Forum-6, p.31-41 (2010)
- (4) 池上則次, 山野順司, 生駒浩一, 松井竜太, 森誠治, 矢野亨, 村田豊: 新型 1.6 L ディーゼルエンジンの開発, 自動車技術会シンポジウムテキスト No.10-12, p.24-30 (2013)
- (5) 村田豊, 田尻賢一, 佐々木裕二, 福島寛之, 津田将岐, 上野豪, 小出創平: 新型 2.2 L 低燃費ディーゼルエンジンの開発, 自動車技術会シンポジウムテキスト, No.15-11, p.1-11 (2012)
- (6) Murata, Y., Tajiri, K., Sasaki, Y., Fukushima, H., Ueno, T., Koide, S.: Development of the New 2.2l Fuel-Efficient Diesel Engine for Honda CIVIC, 21st Aachen Colloquium Automobile and Engine Technology (2012)
- (7) 首藤康裕, 立川剛久, 会森秀行, 荻野晃一, 森誠治: 新世代 1.6 L ディーゼルエンジンの開発 (第 1 報) - 小型軽量化のための最適化構造技術 -, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.63-13, p.1-4 (2013)
- (8) 樺島俊幸, 高澤信吉, 吉田豊, 松井一博: 新世代 1.6 L ディーゼルエンジンの開発 (第 2 報) - 高効率・多量 EGR による高効率燃焼技術 -, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.6-13, p.5-8 (2013)
- (9) 西尾唯, 長谷川衛, 堤康次郎, 後藤淳司, 飯塚憲洋: 新世代 1.6 L ディーゼルエンジンの開発 (第 3 報) - インテークスロットル方式 LP-EGR システムのためのモデルベース制御 -, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.5-13, p.7-12 (2013)
- (10) 星野守門, 勝俣耕二, 福島寛之, 能登赴, 安田治郎: 新世代 1.6 L ディーゼルエンジンの開発 (第 4 報) - 極限低フリクションへの挑戦 -, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.64-13, p.5-8 (2013)
- (11) 石原佳敬, 村上修, 田淵太郎, 佐々木裕二, 畑野潤一, 福島寛之, 青柳聡, 松尾雄一: 高出力, 低エミッション 1.6 L ディーゼルエンジンの開発, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.131-14, p.7-10 (2014)
- (12) 西森顕, 畑野潤一, 上田圭, 村上修, 今井喬弘, 福島寛之, 松尾雄一: Euro6 対応 2 段過給 1.6 L ディーゼルエンジンの開発, 自動車技術会シンポジウムテキスト, No.15-14, p.52-57 (2015)
- (13) Matsuura, H., Ishihara, Y., Murakami, O., Tabuchi, T., Sasaki, Y., Hatano, J., Fukushima, H., Aoyagi, S., Matsuo, Y.: New Generation 1.6l Diesel Engine for the Honda CR-V, 36th International Vienna Motor Symposium (2015)

■ 著 者 ■



畑野潤一



西森顕



福島寛之



田淵太郎



北山由人



石原佳敬