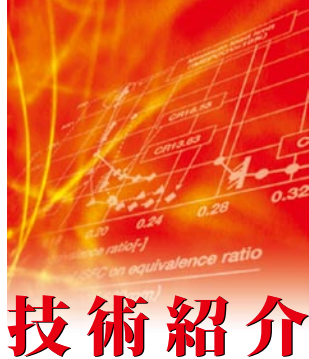




技術紹介

LEXUSプレミアムスポーツIS F用エンジンの開発

Engine developed for LEXUS premium sports model IS F

鈴木 篤 前田 裕幸 飯倉 雅彦 川村 誠 近藤 丈雄 鈴木 保之 武藤 好永 原 隆



図1 LEXUS IS F

Abstract

Amidst the growing demands for environmental friendliness in products, it is also important to answer the demands involved in making a car that is “fun to drive,” which is the inherent appeal of an automobile.

The “F” in the LEXUS Premium Sports IS F designation stands for this Fun to Drive and is a statement that this model has been developed to achieve the ultimate in driving pleasure and fun. Working on the base of the 1UR-FSE/2UR-FSE engines for the LEXUS LS with their excellent combination of good fuel economy and low emissions as well as excellent output performance, we succeeded in developing the naturally aspirated “2UR-GSE” engine specifically for the IS F. This new power unit achieves its developmental goals of achieving “limitless depth of power,” “Response” and “Sound” that appeal to the sensibilities and perceptions of the driver. This engine has been developed jointly by Toyota Motor Corp. and Yamaha Motor Co., Ltd. In this report we introduce this development project with a focus on these three performance elements and the environmental performance of the engine.

1 はじめに

地球環境への対応の必要性が高まっている中で、クルマ本来の魅力である『運転する楽しさ』の要求に応えることも重要である。

“F”の名を冠したLEXUSプレミアムスポーツIS F(図1)は、この『運転する楽しさ』を極限まで追及し開発された。低燃費・クリーンな排気ガスと出力性能を両立させたLEXUS LS用1UR-FSE、2UR-FSEエンジンをベースに、「伸び感」、「レスポンス」、「サウンド」の3つの感性に訴えかける性能を追求したIS F専用として、自然吸気エンジン2UR-GSEを実現させた。このエンジンはトヨタ自動車(株)とヤマハ発動機(株)との共同開発である。本報では、この3つの性能と環境性能を中心にエンジン概要を紹介する。

2 エンジン概要

本エンジンは環境性能を確保した上で、さらにスポーツエンジンとしてのトルク特性を徹底的にチューニングし、加えて最高出力を向上させた。

排気量を5.0Lとして低速域での十分なトルクを確保、エンジン回転とリニアに上昇するトルク特性、かつ高回転での爽快なパワーフィールを追求し、最高出力を2UR-FSE 比21kW向上させた。

日欧米の排ガス規制達成、北米燃費Gas Guzzler Taxクリア等の環境性能と出力性能を両立するため、ベースのUR系エンジン同様にTOYOTA D-4S[※] (Direct injection 4-stroke gasoline engine Superior version)とVVT-iE (Variable Valve Timing-intelligent by Electric motor)を採用した。また高回転域での吸気効率を向上させるため、専用のシリンダーヘッド(以下、ヘッド)や吸排気系を新設計し、吸気バルブに軽量のチタンを採用した。

さらにスポーツ走行を想定してスカベンジポンプの追加や水冷オイルクーラーも採用した。図2にエンジン概要を、表1に基本諸元を示す。

※TOYOTA D-4Sは、トヨタ自動車(株)の登録商標です。

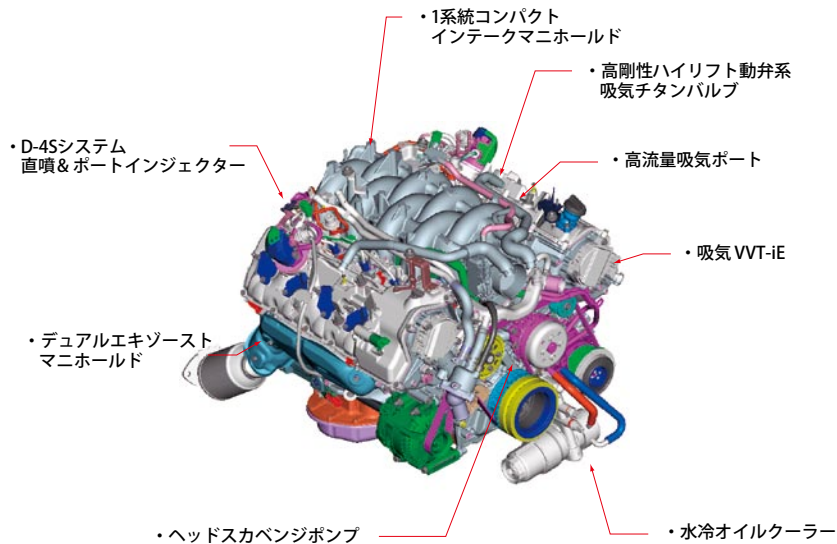


図 2 エンジン概要

表 1 エンジン主要諸元

エンジン形式		2UR-GSE	2UR-FSE	1UR-FSE
気筒配置		90° V 型 8 気筒	←	←
ボア×ストローク (mm)		94.0 × 89.5	←	94.0 × 83.0
排気量 (cm ³)		4968	←	4608
圧縮比		11.8	←	←
動弁系機構		INT:VVT-iE / EXT:VVT-i	←	←
バルブ数		DOHC 4 弁ローラーロック	←	←
		固定ピボット	油圧ラッシュアジャスタ (HLA)	←
バルブリフト (mm)	吸気	12.0	10.9	←
	排気	11.0	10.7	←
燃料供給装置		筒内直接+ポート燃料噴射装置 (D-4S)	←	←
エンジンオイルシステム		WET, ヘッドスカベンジポンプ	WET	←
エンジンオイル冷却		水冷オイルクーラー	なし	←
最高出力 (kW/rpm)		311 / 6600	290 / 6400	283 / 6400
最大トルク (N・m/rpm)		505 / 5200	520 / 4000	500 / 4100
排ガス規制		J-SULEV (☆☆☆☆)	←	←
搭載車両		LEXUS IS F	LEXUS LS600h	LEXUS LS460

3 特徴

3.1 伸び感

最高出力の向上と回転数とリニアに上昇するトルク特性を作り込み、伸び感のあるエンジン特性を得るために、次の項目を重点に開発した。

(1) 吸気ポート

高回転での吸気効率を向上させるために、高流量吸気ポートを開発した。ポート噴射のインジェクターの小型化と共に、ポート内へのインジェクター突き出し量を低減し、加えて吸気ポートの入り口断面を楕円形状とすることで、ストレートでスムーズなポート形状とした(図3)。これにより吸気ポートの流量係数を、2UR-FSEに対して11%向上させた(図4)。

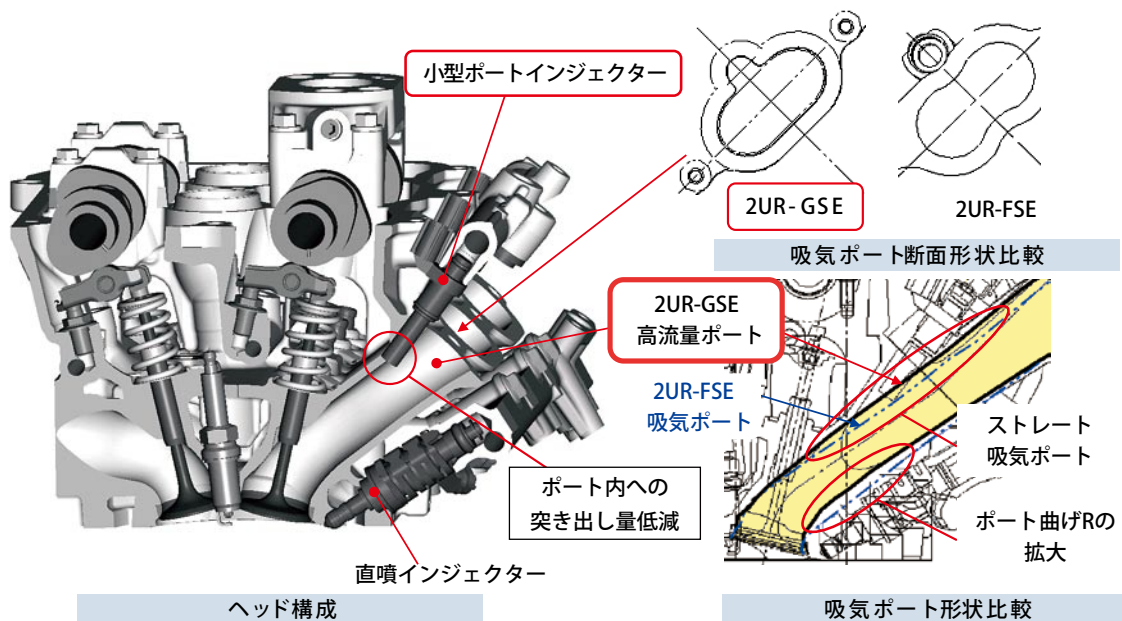


図3 吸気ポート

(2) インテークマニホールド(以下、インマニ)

ベースUR系エンジンが採用している2系統切替えタイプではなく高流量1系統タイプを採用し、高回転で伸びのあるトルク特性を作り込んだ。

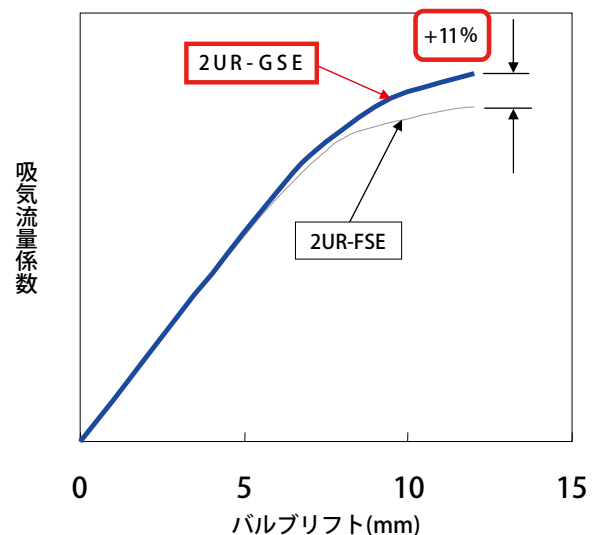


図4 吸気流量計数

(3) 動弁系

バルブリフト量の拡大をねらい、慣性質量低減と剛性向上を図った。吸気チタンバルブの採用で、ベースに対し40%軽量化した。また、支持剛性向上のため、カムジャーナルをボアセンターに配置し、油圧ラッシュアジャスターから固定ピボットに変更した。これらによりバルブリフト量を2UR-FSEに対して吸気バルブで9%、排気バルブで3%拡大させた(図5)。

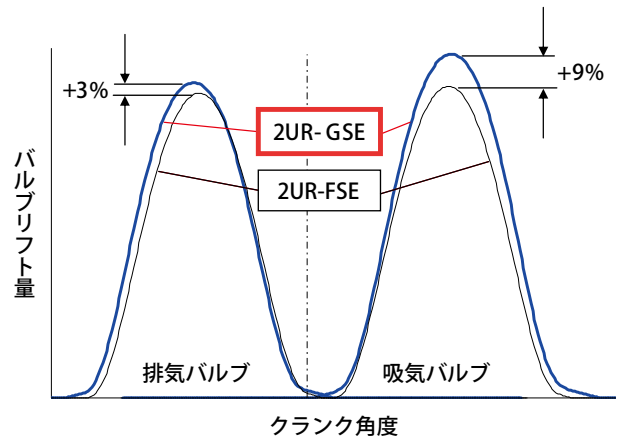


図5 バルブリフト比較

(4) 車両吸気系

デュアルエアインテークシステムでは、低回転域ではプライマリーエアインテークから吸気し、中高回転域ではさらにセカンダリーエアインテークを開き吸気圧損を下げることで、高出力のための必要空気を確保した(図6)。

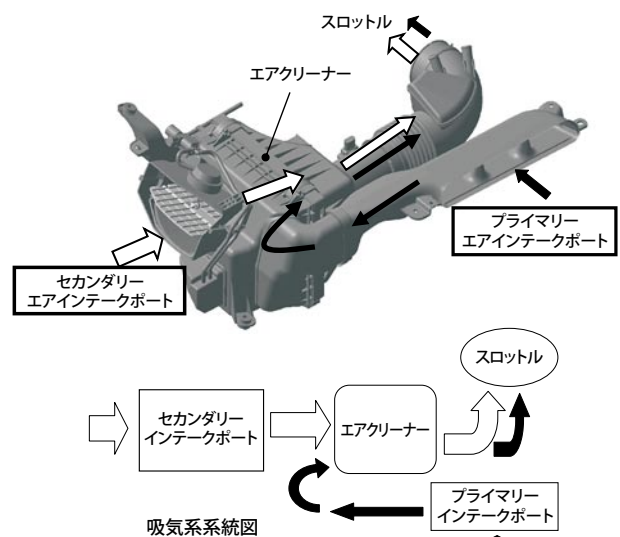


図6 デュアルエアインテークシステム

(5) エキゾーストマニホールド

搭載制約条件が非常に厳しい中でも高回転域の排気干渉を低減して気筒内の体積効率が向上するデュアルタイプとして性能向上を図った(図7)。

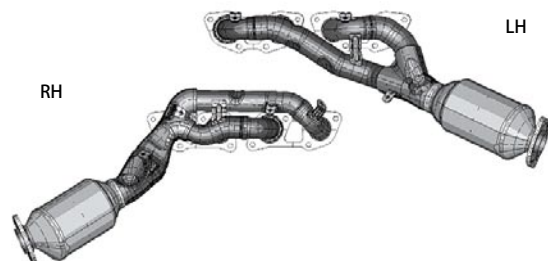


図7 エキゾーストマニホールド

(6)フリクション低減

オイルパンバッフルプレートの改良で、オイル攪拌抵抗を低減させた。またチタンバルブ採用により、バルブスプリング荷重を2UR-FSE比約20%低減させ、動弁系フリクションも低減させた。

(7)まとめ

以上の効果と最高出力点の高回転化(+200rpm)により、2UR-FSEに対して21kWの出力向上と伸び感のあるトルク特性を達成した(図8)。

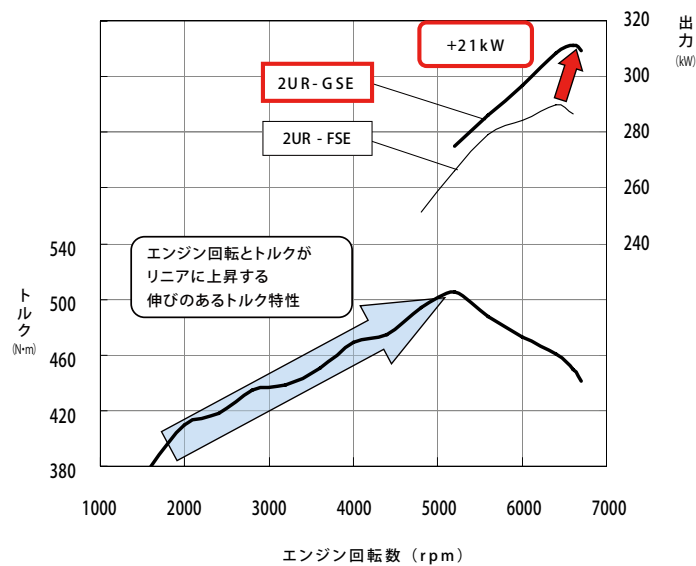


図8 エンジン性能曲線

3.2 レスポンス

本エンジンは、自然吸気エンジンならではのレスポンスの良さをねらった。レスポンス向上にはアクセル操作と吸入空気量のタイムラグを無くすることが必要であり、これには吸気系の容積を低減させることが効果的である。本エンジンでは流体解析によって吸気系形状の適正化を図ることで性能を低下させることなく、最もコンパクトな容積比を実現させた(図9)。これによりスロットルを閉じた時の吸気管の圧力応答時間を1UR-FSEに対して約30%短縮させた(図10)。

加えてトランスミッション制御とエンジン制御とを緻密に連携させることにより、世界最速レベル(0.1sec)のアップシフトや、素早いブリッピングダウンシフトなどで(図11)、パワートレイン系全体として運転する楽しさを追求している。

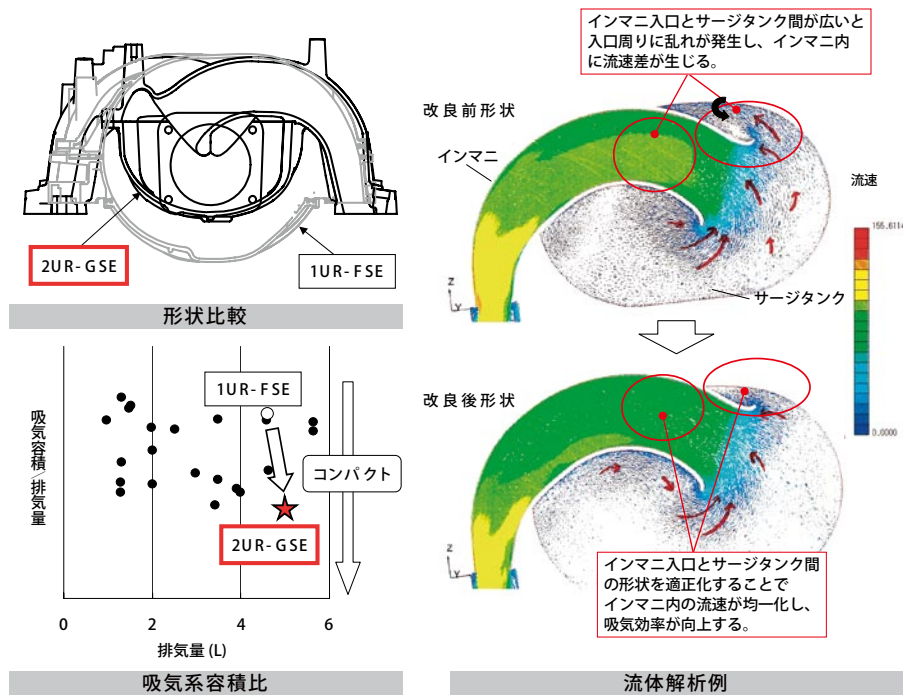


図 9 インテークマニホールド

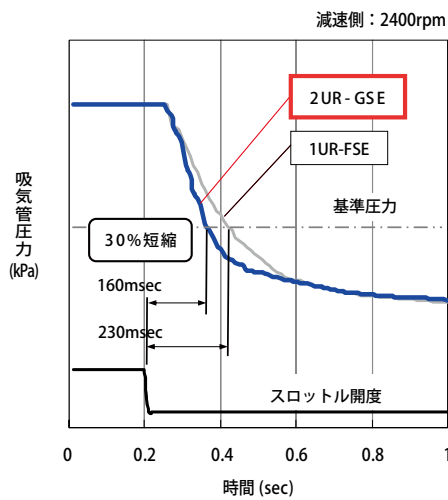


図 10 吸気圧力応答比較

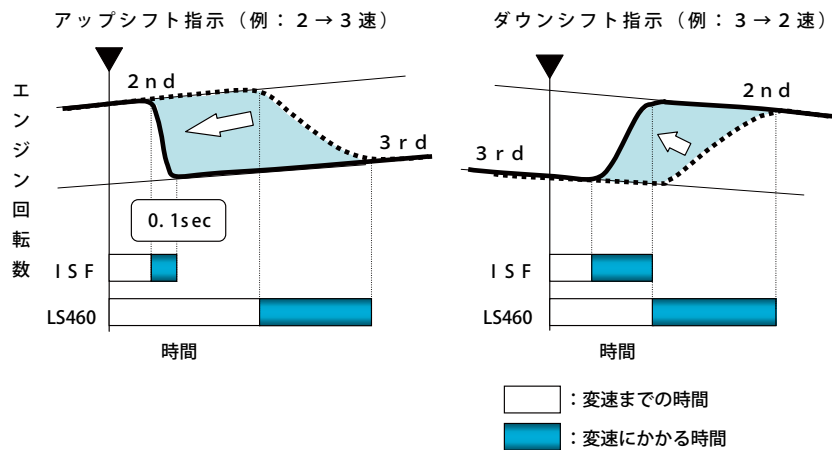


図 11 変速時間比較

3.3 サウンド

スポーツエンジンとしてのサウンド開発は、低回転域では排気音中心の低音サウンドを、中速回転域では力強い吸気音を、高回転域ではクリアなメカニカル音を出すということを目指して進めた。

中速回転域における吸気音によるサウンド作りにはデュアルエアインテークシステムを活用し、切り替え回転数をチューニングした。低回転域ではプライマリーエアインテークのみの静かな吸気音により排気音中心の低音で迫力のあるサウンドを、3600rpm以上の中速回転域になるとセカンダリーエアインテークが開きプライマリー＋セカンダリーの力強い吸気音によるサウンドを実現した。

高回転域ではエンジンからのノイズ成分を排除しつつ、いかにクリアなメカニカル音だけを残すかという目標に対し、遮音だけではノイズと同一周波数域のメカニカルサウンドも消えてしまうため、ノイズを発生させないように押さえ込む手段を取った。これらの一つが前述のカムジャーナルの支持位置変更や吸気チタンバルブの採用等によるものである。それに加え吸気音に強い共振域があると濁り感のあるノイズとして感じるため、共振域の少ない吸気系レイアウトを採用することで高回転域までクリアでリニア感のあるサウンドを得た(図12)。

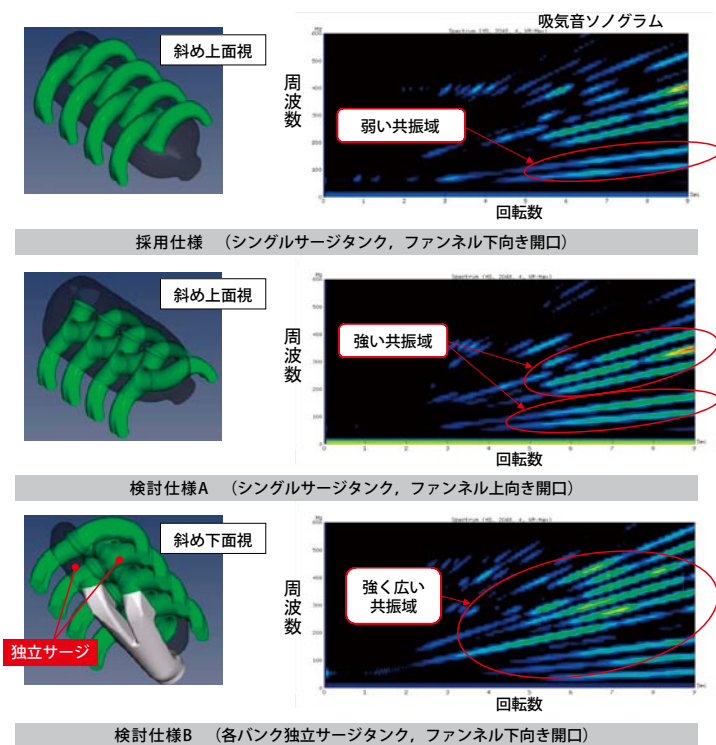


図 12 形状違いによる吸気サウンド比較

これらにより、走行中の車内音は走行状態によって図13の3段階に変化する。またシフトダウン時には、瞬時にエンジン回転を上げて素早いシフトをさせるブリッピング制御による吸気音の演出も加え、走りを楽しむためのスポーツサウンドを実現させた。

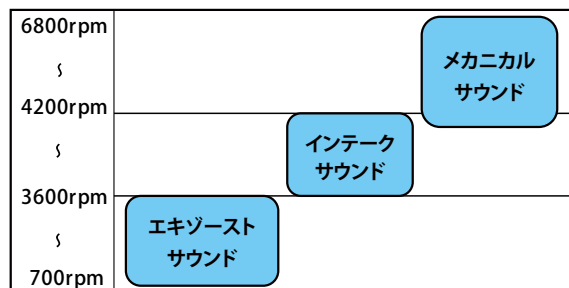


図 13 3段階のサウンドイメージ

3.4 スポーツ走行への対応

スポーツ走行時の高い旋回Gが掛かった際にヘッドからのオイル戻りの悪化を防ぐために、通常のオイルラインに加え左右バンクの各ヘッドよりオイルを強制的に回収するスカベンジポンプを新設した。ポンプは各バンク個別に設置しており、1.2Gという高い旋回Gが加わってもスカベンジポンプ無しに対して油圧低下を半減させ、必要油圧を確保した(図14)。また水冷オイルクーラーを採用して厳しい走行条件下でも油温を5℃以上低減させ、エンジン性能を最大限に発揮できる様にした。これらによりスポーツ走行でも安定したオイル潤滑を可能としている。

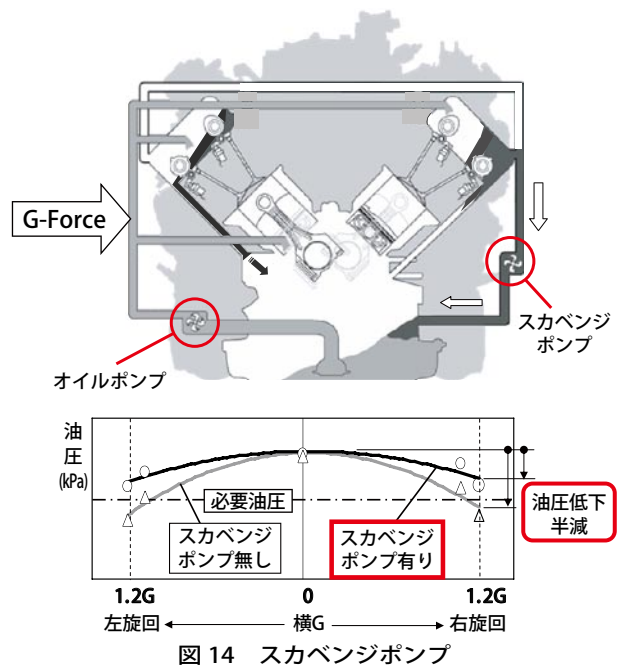


図14 スカベンジポンプ

3.5 環境性能

本エンジンでは、出力性能と環境性能の両立のための主要アイテムとして各気筒に2つの燃料噴射系を持つD-4Sシステムと、電動モーターを用い低温から幅広くバルブタイミング制御可能なVVT-iEをベースのURエンジンと同様に採用した。

加えて、シリンダーブロックの構造最適化と熱処理の追加、ウォータージャケットスパーサーの採用によるボア変形の抑制も同様に実施した。

これらにより本エンジンを搭載したLEXUS IS Fは、北米燃費でGas Guzzler Taxをクリア、北米排ガス規制ではULEV IIを取得、国内排ガス規制は最も厳しい平成17年度基準排ガス75%低減レベル(☆☆☆☆)をクリアしている。燃費は4.0Lクラスながら加速性能では6.0Lクラスの運動性能を誇り、環境性能と出力性能を両立している。図15に燃費と加速性能を示す。

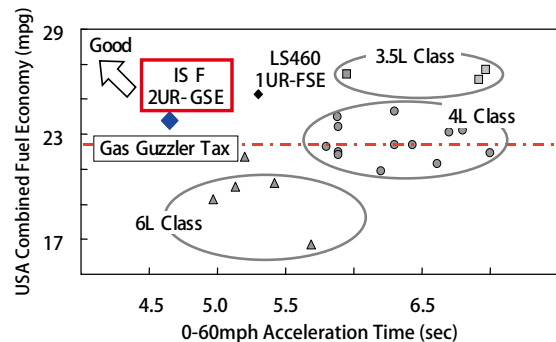


図15 燃費と加速性能

4 おわりに

本エンジンは運転する楽しさを追及するスポーツエンジンの方向性の一つを示すことができたと考えている。このエンジンは運転する楽しさを維持しつつ、市街地走行からスポーツ走行まで幅広い使用域を可能としている。エンジンに対する環境対応の要望が厳しい中、環境対応と運転する楽しさを両立させたエンジンの技術開発を今後も継続していく。

最後に2UR-GSEの開発と製品化に携わったトヨタ自動車(株)、および社内外の多くの関係者の皆様に感謝の意を表します。

■著者



前列左より

武藤 好永 Yoshihisa Muto
AM事業部AM第1技術部

前田 裕幸 Hiroyuki Maeda
AM事業部AM第1技術部

鈴木 篤 Atsushi Suzuki
AM事業部AM第1技術部

飯倉 雅彦 Masahiko Iikura
AM事業部AM第1技術部

後列左より

川村 誠 Makoto Kawamura
AM事業部AM第1技術部

鈴木 保之 Yasuyuki Suzuki
AM事業部AM第2技術部

近藤 丈雄 Takeo Kondo
AM事業部AM第1技術部

原 隆 Takashi Hara
AM事業部AM第1技術部