

LEXUS プレミアムスポーツ RC F 用 新 2UR-GSE エンジンの開発

Development of the new 2UR-GSE Engine for the LEXUS Premium Sports RC F

菅原 順也 鈴木 千雅 木下 裕治 塚本 啓介 多田 博 川村 博



Abstract

The desire for a vehicle that responds to every whim and lets you experience the thrill of driving has not diminished, even in this era of heightened environmental awareness; rather, the expectation for sports cars to be fitted with high-performance engines offering greater output and focus on driver perceptions grows ever greater. We have developed the all-new 2UR-GSE, a naturally aspirated V8 5.0L engine, for use in the RC F, the latest LEXUS Premium Sports model to bear the “F” in its name. Our goal was to successfully combine overwhelming power output and improved sensory appeal features such as sound, response, and comfortable acceleration with environmental performance in line with current times. To this end, most of the parts were redesigned and the engine was also loaded with the very best we had to offer, including our latest direct injection system, Dual-VVT (intake Variable Valve Timing controlled by an electric motor), and a wide range of high-output, high-revving technology. This engine was jointly developed by the Toyota Motor Corporation and Yamaha Motor Co., Ltd.

1 はじめに

クルマを思い通りに操る欲びを得たい、クルマを走らせる楽しさを感じたいといった欲求は、人々の環境への意識が高まった現代でも減少することはなく、出力性能と官能性能をより磨き上げた高性能エンジンを搭載するスポーツカーへの期待は益々大きなものになっている。今回“F”の名を冠した最新 LEXUS プレミアムスポーツ RC F 用として、自然吸気 V 型 8 気筒 5.0L の新 2UR-GSE エンジンを開発した。このエンジンは圧倒的な出力性能、「サウンド」「レスポンス」「伸び感」といった官能性能の向上、時代にあった環境性能を達成すべく、ほとんどの部品を見直し、最新直噴システム、吸排 VVT（吸気側は電気駆動）や、多くの高出力高回転化

技術を惜しみなく投入した。なお、このエンジンはトヨタ自動車株式会社とヤマハ発動機株式会社が共同で開発した。

2 エンジン概要と基本諸元

新 2UR-GSE エンジンの諸元を表 1 に示す。また、以下に示す項目を主な開発の狙いとし、従来エンジンから大幅に改良、進化させた。

- (1) 圧倒的な高性能・高回転化および官能性能の向上
 - ・従来比+40kW、最高回転数+500rpm、全域トルク向上といった大幅な性能向上や高回転化および高めに設定された最大トルク発生回転数による伸び感の向上
 - ・運動部品の軽量化や、動弁系、吸気系諸元改良などに

LEXUS プレミアムスポーツ RC F 用新 2UR-GSE エンジンの開発 Development of the new 2UR-GSE Engine for the LEXUS Premium Sports RC F

- よるレスポンスの向上およびクリアなサウンドの実現
- (2) 単体燃費だけでなく実用燃費も配慮した燃費性能
- ・最大熱効率37.8%、アトキンソンサイクルの採用、 $\lambda=1$ 限界車速225km/h、アイドル回転数の抑制、低フリクション化等により達成
- (3) 時代にあった排気性能
- ・北米LEVⅢ、欧州Euro6といった世界で最も厳しいレベルに対応

- (4) サーキット走行への配慮
- ・水冷のみでなく空冷オイルクーラーも追加
- これらを実現するための具体的な達成手段を表2に示し、次章以降で詳しく説明する。

表1 エンジン諸元表

エンジン型式		新2UR-GSE (RC F)	2UR-GSE (IS F)
気筒配置		90° V型8気筒	←
ボア×ストローク(mm)		94.0×89.5	←
排気量 (cc)		4968	←
圧縮比		12.3	11.8
動弁系機構		DOHC 4バルブ Dual VVT-i VVT-iE (吸気)	←
バルブリフト(mm)/材質	吸気	13.0/Ti	12.0/Ti
	排気	11.0/Ti	11.0/耐熱鋼
燃料供給装置		筒内直接噴射(max. 18MPa) + ポート噴射 新D-4S	筒内直接噴射(max. 13MPa) + ポート噴射 D-4S
エンジンオイル冷却		水冷 + 空冷オイルクーラー	水冷オイルクーラー
最高出力(kW/rpm)		351/7100	311/6600
最大トルク(N・m/rpm)		530/4800~5600	505/5200
排ガス規制	北米	LEV Ⅲ (ULEV70)	ULEV Ⅱ
	欧州	Euro6	Euro5
	中国	国5	未導入
	日本	J-SULEV(☆☆☆☆)	←
搭載車両		LEXUS RC F	LEXUS IS F

表2 採用技術

部位、部品名	採用目的					採用技術、内容
	高性能 高回転	燃費向上	排気対応	軽量化	信頼性	
シリンダヘッド	○	○				圧縮比UP 吸排気ポート改良(吸気：高流量高タンブル)
INカムシャフト	○	○				カムプロファイル改良(バルブリフトUP)
電動VVT	○	○		○		作動範囲拡大 (性能、燃費の両立、アトキンソンサイクル化)
クランクシャフト	○	○		○		クランクピン径縮小、カウンタウェイト縮小
コネクティングロッド	○	○		○	○	高強度鍛造材、大端穴径縮小
IN, EX バルブ	○	○		○	○	チタン化
オイルパンバフフルプレート	○	○				形状改良(オイル叩き改善)
メインベアリング コンロッドベアリング	○				○	材質変更
オイルクーラ					○	水冷 + 空冷(サーキット走行対応強化)
インテークマニホールド	○	○				管長、管径、サージタンク容積最適化
スロットル	○					径拡大($\phi 83 \leftarrow \phi 76$)
エキゾーストマニホールド	○					セミデュアル化(排気干渉低減)
燃料系	○	○	○			新D-4S(高燃圧化、噴霧形状改良)
オルタネータプーリ	○				○	One-way clutch付き

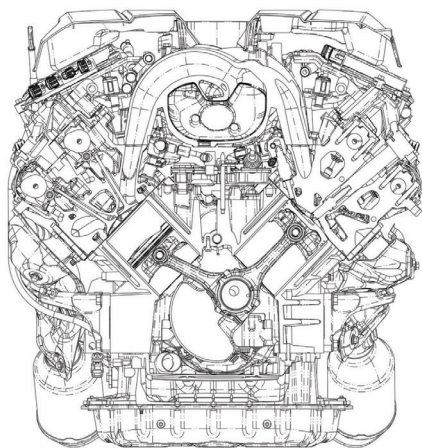


図1 エンジン断面図

3 技術的特徴

図1にエンジン断面図を示す。

3-1. シリンダヘッド

性能向上のため、高流量、高タンブルポートとし、ポート断面積変化を最適化した（図 2、3）。また、ピストン側も併せて燃焼室の形状を最適化し、圧縮比を従来の 11.8 から 12.3 まで高め熱効率向上を図った。さらに、ウォータージャケット見直しにより、流速を上げて、燃焼室温度を下げることで、ノッキングを抑制して性能を向上させた（図 4）。

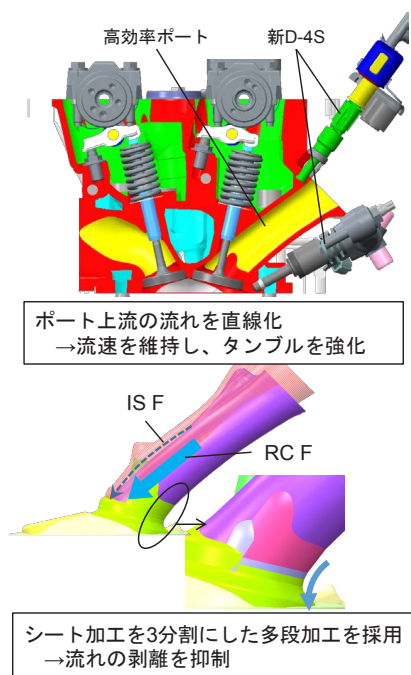


図2 シリンダヘッド改良点

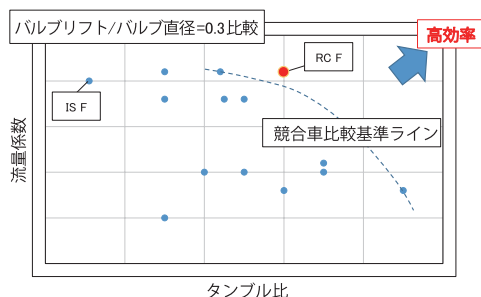


図3 吸気ポート性能

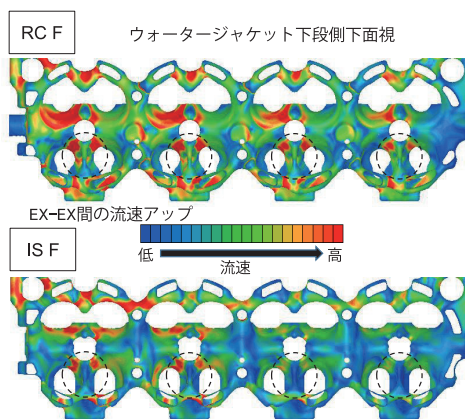


図4 シリンダヘッドW/J改良点

3-2. 動弁系

性能向上のために、吸気側の最大バルブリフトの増加および作用角を拡大した。同時に可変角を増やした電動 VVT と組み合わせアトキンソンサイクルも可能とした。

吸気バルブに加え、排気バルブも LFA に搭載の 1LR-GUE と同様にチタンバルブを採用し、高回転化に対応した。

3-3. 吸気系

性能向上のため、スロットル径を大きくし、それに対応するために上下一体構造とした。また、性能向上のため、ポート長さを最適化した上で、レスポンス向上のため、スロットル下流から吸気バルブまでの容積を従来比 10% 低減した。

吸気系レイアウトはサウンドにも大きな影響を与える。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、IS F の知見を踏襲した共振域の少ない吸気レイアウトを採用し、高回転までクリアでリニア感のあるサウンドを実現した（図 5）。

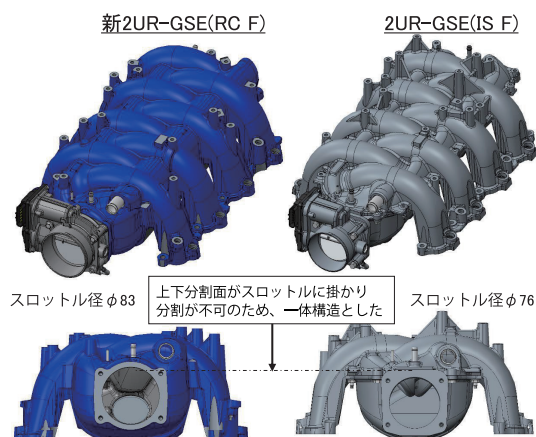


図5 吸気系比較

3-4. 排気系

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ように、従来エンジンに対して改良を施した。また、排気圧損(背圧)低減のため、出口径を拡大した(図6)。

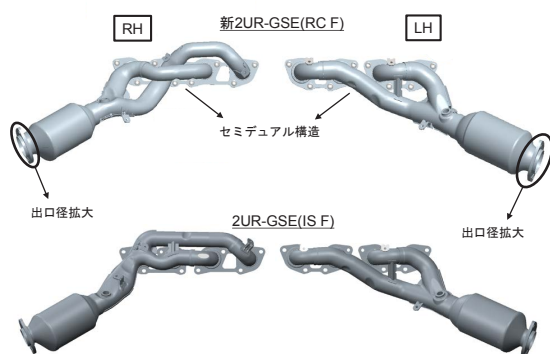


図6 排気系比較

3-5. 往復回転部品

クランクピン径をφ48(従来φ53)に縮小すると同時にコンロッドに高強度鍛造材を採用することで、往復回転部品を大幅に軽量化して慣性質量を従来比8%低減し、レスポンス向上と高回転化に貢献している。また、併せてオイルパン内油量およびオイルパンバップル形状の最適化による攪拌ロス低減をすることで、フリクションを低減し、性能、燃費向上に貢献している。

3-6. 燃料系

燃料噴射システムは、新しい TOYOTA D-4S システム(Direct-injection 4 stroke gasoline engine Superior version)を採用した。従来同様1気筒当たり2本のインジェク

タ(筒内直接噴射とポート噴射)を有するが、直噴側の高燃圧化(最大値:従来13→18MPa)、直噴インジェクタ噴霧形状の変更により、出力の向上と排ガスの低減を同時に実現した。特にPM(Particulate Matter)は、従来エンジン比で約80%の低減(欧州モード)を達成した。

3-7. 冷却系

エンジンオイル冷却システムは、従来エンジンで採用されている水冷式オイルクーラーに加え、高油温時に循環する空冷式オイルクーラーを新たに採用した。これにより高負荷運転での安定した潤滑性能を実現し、サーキット等での連続走行も可能とした(図7)。

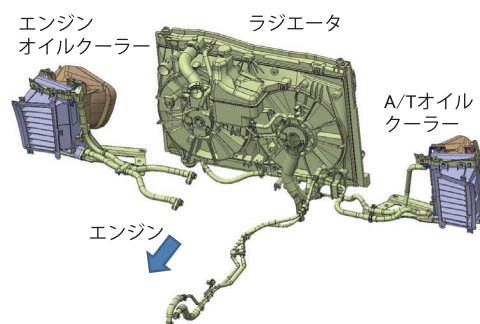


図7 冷却系システム

4 エンジン性能、環境性能

4-1. 全負荷性能

以上に記述した、高回転・高出力化の技術採用により、従来エンジンに対し500rpmの回転数アップ、並びに+40kWとなる最高出力351kW/7100rpmを達成した(図8)。全域でトルク向上を図ることにより、力強さと伸び感を体感できる出力特性を実現した(図9)。

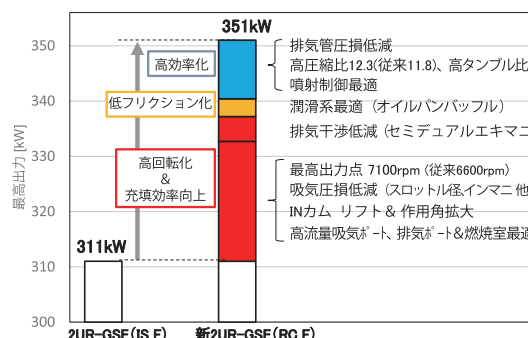


図8 出力性能向上アイテム

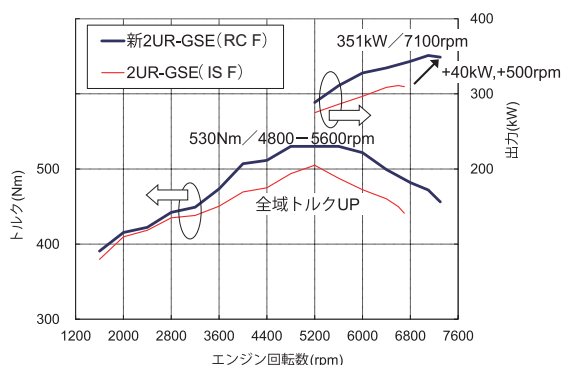


図9 エンジン性能曲線

4-2. 燃費

4-2-1. 燃費向上アイテム

吸気側 VVT の可変角を拡大し、低負荷・低回転の市街地走行領域では、吸気バルブの遅閉じによるポンピングロス低減を狙ったアトキンソンサイクルを採用した（図 10、11）。

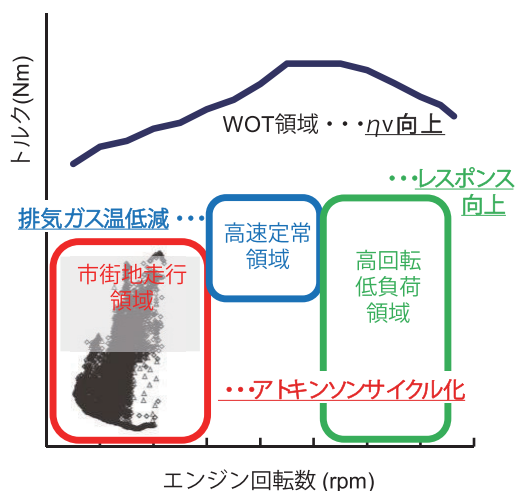


図10 バルブタイミング設定

高速での定常走行領域では、排気ガス温度低減を狙ったバルブタイミングとすることで、 $\lambda = 1.0$ （理論空燃比）での限界车速を 225km/h まで拡大した。

また、エアコン軽負荷時の D レンジアイドル回転数を抑制（従来 680 → 580rpm）することにより実用燃費の向上も図った。

エンジン燃料消費率を図 12 に示す。最大熱効率は 37.8 % を達成すると同時に、広い領域での低燃費を実現した。

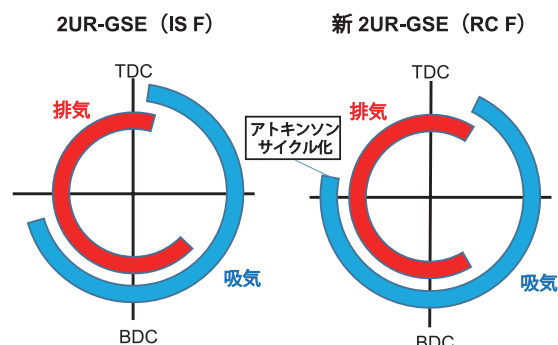


図11 アトキンソン領域でのバルブタイミング設定

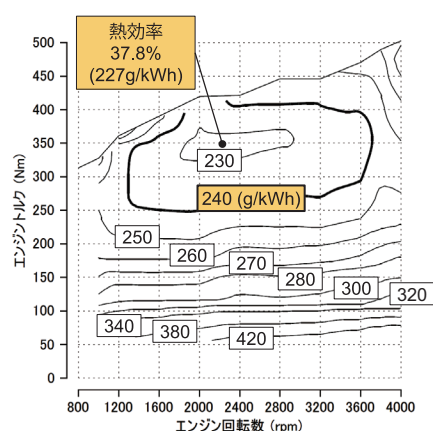


図12 エンジン燃料消費率

4-2-2. 燃費と出力の両立

前述した市街地・高速走行時のバルブタイミング設定に対し、全負荷領域では充填効率向上に最適な設定、高回転低負荷領域では全負荷領域までのレスポンスを最優先した設定とすることで、燃費と出力・レスポンスの両立を果たしている。

また、車両側のドライブモードセレクトとエンジン制御を連動させ、サーキット走行等に適した【SPORTS+】モードでは、出力・レスポンス重視の点火時期・スロットル開度特性を、【ECO】モードでは、燃費重視のスロットル開度特性・エアコン仕事量抑制をそれぞれ採用し、ドライバーに両面の選択肢を提供している。

4-3. 排気性能

本エンジンを搭載した LEXUS RC F は、北米 LEV III (ULEV70)、欧州 Euro6、中国国 5、国内 J-SULEV (☆☆☆) といった世界各国の最新規制に対応している。

5 おわりに

本エンジンは厳しい環境性能を要求される現代においても、運転する楽しさを感じることができる圧倒的な出力・官能性能を有するスポーツエンジンに仕上げることができた。今後も、出力性能・官能性能の一層の向上と時代が要求する環境性能をバランス良く両立させ、お客様が期待する以上の感動をして頂ける高性能エンジンの開発を継続していく。

■謝辞

本エンジンの開発に携わったトヨタ自動車株式会社、および多大なご尽力を頂きました社内外の多くの関係者の皆様に感謝を致します。

■著者



菅原 順也
Junya Sugahara
AM事業部
AM第一技術部



鈴木 千雅
Kazumasa Suzuki
AM事業部
AM第一技術部



木下 裕治
Yuji Kinoshita
AM事業部
AM第一技術部



塚本 啓介
Keisuke Tsukamoto
トヨタ自動車株式会社
エンジン開発推進部



多田 博
Hiroshi Tada
トヨタ自動車株式会社
エンジン開発推進部



川村 博
Hiroshi Kawamura
トヨタ自動車株式会社
エンジン開発推進部