

2019年2月4日

アウディ ジャパン株式会社  
プレスサイト <http://www.audi-press.jp/>

お客様問い合わせ 0120 - 598 - 106  
アウディ コミュニケーションセンター

## 技術資料

# Audi Q5 40 TDI quattro のディーゼルエンジン

Audi Q5 40 TDI quattro が搭載するのは、開発コード EA288 型の 2ℓ 直列 4 気筒ターボディーゼルエンジンです。尿素 SCR（選択還元触媒）システムを持ち、欧州排ガス基準 EURO6 や日本のポスト新長期規制をクリアしたクリーンディーゼルです。高圧コモンレール式インジェクターによる正確な燃料噴射や、直噴ガソリンエンジンよりも高い 15.5 の圧縮比、可変ガイドベーン式ターボチャージャーなどによって、求められる排ガス性能と優れた経済性、ドライバビリティを両立しています。

### > 最新世代クリーンディーゼルの技術的特徴

軽油を燃料とするディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンとは異なり点火のためのスパークプラグを持たず、まずシリンダーの中に空気だけを送り込んで圧縮し、高温高圧になったシリンダー内に燃料を直接噴射して着火させるのが最大の特徴です。それゆえ圧縮比を高く取ることが可能で、また相対的に噴射する燃料を少なくすることができます。結果として燃焼効率が高く、燃費に優れています。たとえば Q5 のガソリン直噴ターボエンジンである 2ℓ TFSI エンジンの圧縮比は 9.6 : 1 で、さらに高い TFSI エンジンもありますが、それに対して直噴ディーゼルターボの 2ℓ TDI は 15.5 : 1 と有意な差があります。許容回転数が低いために最高出力では同排気量のガソリンエンジンに譲りますが、いっぽう最大トルクは大きく上回るのがディーゼルエンジンの特長であり、低回転から生み出される強力なトルクのおかげで扱いやすく、また高速道路などの定速走行では回転数を低く抑えられるなど、実用上の大きなメリットがあります。最新の EA288 型 2ℓ TDI エンジンは 140kW（190ps）の最高出力と 400Nm の最大トルクを発生します。

経済性や逞しいトルクだけでなく、最新のクリーンディーゼルエンジンは静粛性や快適性についてもガソリンエンジンに引けを取ることはなくなりました。高度で精密な燃料噴射制御が実現したことによって、かつてのディーゼルエンジンとは比べ物にならないくらい静かでスムーズな走行が可能です。ただし、そのために様々な専用の技術が必要とされるうえに、ディーゼルエンジンにはその特性上、避けられない課題があります。ガソリンエンジンと比べて、特に粒子状物質（PM）と窒素酸化物（NOx）の排出量が多いことです。それを克服するために、最新の燃焼制御技術に加えて二重三重の排出ガス処理装置を装備し、





スムーズでパワフルな走行性能のみならず、日本のポスト新長期排出ガス規制をはじめ、今後ますます厳しくなる世界各国の排出ガス規制をクリアした最新のクリーンディーゼルエンジンがアウディの2ℓTDIエンジンです。ちなみにTDIは「ターボチャージド・ダイレクト・インジェクション」の略称です。

> 二重三重の対策

現代のクリーンディーゼルエンジンには高度な制御技術が欠かせません。特に点火プラグを持たないディーゼルエンジンでは燃料の噴射コントロールが決定的に重要であり、それを可能にするのが電子制御コモンレール式燃料噴射システムです。ポンプで加圧されたTDIエンジンの燃料の噴射圧力はおよそ2000バール、つまり大気圧の2000倍にも相当する超高压に達します。燃料は加圧された状態で各シリンダーに共通のパイプ（レール）に貯められることからこのように呼ばれています。各シリンダーへの噴射は、噴射量も噴射タイミングも精密にコントロールされ、さらに微細な霧状にして噴射されます。ガソリンエンジンも近年は直噴システムが一般的になり、燃料の圧力も高くなってきていますが、それでもディーゼルのコモンレール式と比べればひと桁以上低いレベルです。したがって、TDIエンジンでは制御装置も噴射インジェクターもけた違いの精密さと堅牢さが求められるのです。

燃料は、きわめて短い燃焼行程中に何度かに分けて噴射されます。爆発力が大きなディーゼルエンジンでは、一度に燃料を噴射し、一気に爆発させるとディーゼルエンジン特有のガラガラ音と振動が発生し、また完全に燃焼し切れなかった燃料が細かな煤（PM）になってしまうからです。その発生を抑制するためには、コモンレールシステムの精密な制御が必要不可欠です。

しかしながら、緻密な燃料噴射制御技術をもってしても、それだけでは前述した窒素酸化物（NOx）や粒子状物質（PM）の発生を完全に抑制することはできません。というのも、ディーゼルエンジンは少ない燃料に対してシリンダーに大量の空気を送り込むために酸素量が多く、また高温高压で燃料を燃焼させるために酸素と窒素が結び付きやすく、NOxが発生しやすいという特性を持つからです。これはディーゼルエンジンに限ったことではなく、燃料の割合が小さいリーンバーンの直噴ガソリンエンジンでも同様です。

燃焼室内の燃焼温度が高くなるとNOxの発生量が増加するために、まず燃焼温度を下げることを狙ったシステムがEGR（排出ガス再循環）です。その名の通り、シリンダーに送り込む空気に、一度排出されて酸素量の少ない排出ガスを混ぜてもう一度送り込むことによって燃焼温度を抑え、NOxの生成を抑制するというものです。ただし、排出ガスを還流させるものなので、当然ながらあまり大量にEGRを使用するとエンジンそのもののパフォーマンスに影響します。TDIエンジンでは、EGRの制御を最適化するのはもちろん、排気マニフォールド出口から還流させる高压EGRとターボチャージャーの下流から取り入れて還流させる低压EGRの2系統を備えています。通常はタービンを駆動する排気エネルギーを損なわないように後者を使って下流側から取り入れ、コールドスタート直後など後処理装置を素早く活性化させたい時は上流側から取り入れるように制御されます。さらに還流させる排出ガスを冷やすEGRクーラーも備わっており、さらに燃焼温度を下げてNOxの生成を抑制します。

いっぽう、燃料が不完全燃焼の場合に発生するのが粒子状物質（PM）です。少ない燃料をより良く燃やすことができれば燃費は向上し、温室効果ガスであるCO2も少なくなります。そうするとNOxの生成量が増え、反対に良く燃えないとPMが増えて燃費も低下するというジレンマが、希薄燃焼における課題なのです。

このPM対策のためにTDIエンジンはDPF（ディーゼルパティキュレートフィルター）を備えています。これは排気管の中に排出ガス中のPMを吸着するフィルターを設置してPMを絡めとるものです。DPFに堆積したPMが一定量に達すると、自動的にフィルターの温度を上げてPMを燃焼さ

せてフィルター機能を維持します。

酸化触媒コンバーターのすぐ下流には NOx 処理に重要な働きをする SCR（セレクトティブ・キャタリスト・リダクション＝選択還元触媒）システムが、DPF と一体化されて備わっています（SCR コーティングされた DPF）。これは排出ガスに尿素水溶液を噴射することで、尿素水中のアンモニアと NOx を化学反応させて、無害な窒素と水に還元して排出するシステムです。さらに下流には、アンモニア分解触媒コンバーターがあります。尿素水溶液（AdBlue）は別の専用タンクに貯蔵されており、定期的に補充する必要があります。走行状況によって尿素水溶液の消費量は大きく変わりますが、目安は 24ℓ で 1 万～2.5 万 km 程度の走行が可能です。残量が少なくなると警告が表示され始め（一定距離数または一定時間間隔にてレポート表示）、尿素水溶液残量がゼロになると、エンジン停止後の再始動は不可能になります。

最新世代のクリーンディーゼルエンジン「EA288 型」は、シリンダーブロックのすぐ横にターボチャージャーを配置し、そのすぐ下流に HC や CO を還元する酸化触媒コンバーター、SCR システム一体型 DPF をコンパクトにまとめて設置しています。ターボチャージャーは可変ガイドベーン式ターボを採用しています。ターボチャージャーはエンジンの排気でタービンを回し、同軸のコンプレッサーで吸気を圧縮してシリンダーに送り込むことによって、より大きなパワーを得るシステムですが、可変ベーンは排気圧で駆動されるタービン側のガイドベーンをエンジン回転数に応じて可変制御することで過給効率を上げるシステムです。すなわち低回転ではタービン取り入れ口の開口面積を小さくして排気の流速を高め、レスポンスを向上させます。いっぽう高回転域では開口面積を広げて抵抗を減らし、十分なパワーを発生させるものです。これによって、低回転から素早いレスポンスと強力なトルクを両立させています。

## > アウディ TDI エンジンの開発史

自動車による移動速度が高く、平均走行距離の長いヨーロッパでは、以前から熱効率が高く燃費に優れ、また同じ理由で温室効果ガスである CO<sub>2</sub> 排出量の少ないディーゼルエンジンが人気を集めてきました。ただし、本格的に普及したのはターボチャージングとダイレクトインジェクション、最先端の排ガス処理システムを採用し、格段にパワフルでスムーズに進化した新世代のクリーンディーゼルエンジンが実用化されてからです。

アウディの TDI エンジンの歴史はおよそ 30 年前に遡ります。アウディは 1989 年のフランクフルトモーターショーに展示した「アウディ 100」において、初めて直噴ターボディーゼル技術を採用した 2.5ℓ 直列 5 気筒 TDI エンジンを発表した、ディーゼルエンジンのパイオニアのひとりです。

それから現在まで、TDI エンジン搭載車の累計生産台数は 800 万台以上に上り、ほとんどの車種に、4 気筒から V6 や V8 までの、適切な排気量を備えた「ライトサイジング」な TDI モデルが設定されています。

アウディは、全車種の平均 CO<sub>2</sub> 排出量を 2020 年までに平均 95g/km 以下に低減するというヨーロッパの規制目標値に向



Audi 100 TDI (1990)



かつて弛まぬ研究開発を続けていますが、それを達成するためにはハイブリッドなどの電動化技術だけでなく、内燃エンジンそのものの効率と性能向上も欠かせません。その技術開発の姿勢が鮮明に表れるのがモータースポーツの世界であり、アウディのTDIエンジンはモータースポーツにおいても目覚ましい成績を残してきました。

アウディはモータースポーツを最も条件の厳しいテストの舞台として、市販モデルの開発熟成のために活用してきました。とりわけ、世界で最も有名で最も過酷な耐久レースとして知られる「ルマン24時間耐久レース」では、1999年の初参戦以来、計17回出場して13度の総合優勝を飾っています。2006年からはTDIエンジンを搭載したレーシングカーによって11年連続でルマンに挑戦、5連覇を含む計8回の総合優勝を勝ち取っています。2012年から2016年までは、フロントアクスルに電動モーターも搭載したディーゼル・ハイブリッド・レーシングカーの「R18 e-tron クワトロ」で参戦、TDIエンジンが高効率であるだけでなく、高性能でもあることを証明してきたのです。



以上