

ルマン用 TDI エンジンの発達史 (2015.6 現在)

アウディはレース活動を、市販モデル開発のための理想的なテストベンチと考えていますが、なかでもルマン 24 時間レースは、もっとも厳しい実験室とらえています。アウディがパワフルな TDI エンジン搭載モデルをルマン 24 時間に初めて参戦させたのは 2006 年です。アウディ チームは過去 16 回ルマン 24 時間レースに参戦して、13 度優勝を飾っていますが、そのうち 8 回は TDI を搭載したモデルによってでした。昨年 6 月に開催された同レースでは、見事 1・2 フィニッシュを飾っています。エンジンに求められる基本的な要件は、市販モデルでもルマン及び FIA 世界耐久選手権 (WEC) を戦うためのスポーツプロトタイプでも同じで、1 滴の燃料も無駄にすることなく最大限のパワーを得ることであり、また効率を徹底して高めて燃料消費を最小に抑えることです。ルマン 24 時間レースにおいて、TDI エンジンに対する規制は、年を追うごとに厳しいものになってきました。例えば、2006 年時点と比べると、エアーストリクターの直径は 34 パーセント、排気量も約 33 パーセント小さくなっています。その結果、絶対的な出力は 2006 年の 478kW (650hp) 以上から 2013 年にはおおよそ 360kW (490hp) へと約 25 パーセント、低下を余儀なくされました。

しかしながら、その間アウディは、エンジンをダウンサイジングしつつも、出力性能そのものは著しく向上させていたのです。排気量 1ℓ あたりのパワーは 2006 年に 87kW (118hp) だったのが、2011 年には 107kW (146hp) と、じつに 24 パーセント近くも向上していました。1 気筒あたりの出力も同様に、40kW (54hp) から 66kW (90hp) へと、65 パーセントもアップしていました。結果として、レースのラップタイムが大幅に短縮される一方で、燃料消費量は劇的に減っていたのです。

2006-2008 年 :

Audi R10 TDI に搭載された V12 TDI

2006 年にアウディは、スポーツプロトタイプの Audi R10 TDI とそれに搭載された 12 気筒 TDI エンジンをもって、自動車レースの歴史に新しい地平を切り開きました。ひとたびデビューを飾るや、ディーゼル搭載のレースカーは、その圧倒的な戦闘能力により勝利を積み重ねていったのです。5.5ℓ V12 TDI が発生する 1,100Nm ものトルクは、ガソリンエンジンのそれを大幅に上回っていました。ツインターボを装着した V12 TDI は、既定の回転数で、おおよそ 480kW (650hp 強) を発生しました。シフトアップのポイントはちょうど 5,000rpm で、2 つのパティキュレートフィルターが排気ガスを浄化し、エンジンパワーは 5 速シーケンシャルトランスミッションを介してリヤアクスルに伝えられてい



Audi R10 TDI (2006)

ました。

ライバルよりも低い燃料消費と長い航続距離により、Audi R10 TDI は 2006 年のルマン 24 時間レースで見事勝利を収めます。フランク ピエラ、エマニュエル ピロ、マルコ ウェルナーの 3 人から成るチームは、24 時間のあいだに、27 度しかピットインをしませんでした。このチームは翌 2007 年も、Audi R10 TDI を駆って出場し、ルマン連覇を果たします。悪天候と、主催者によって燃料タンク容量を 10 パーセント減らされたハンディも、ものともしませんでした。2008 年にも、ロナルド カペロ、アラン マクニッシュ、トム クリステンセンのチームが勝利を収めて、Audi R10 TDI は、デビュー以来 3 連覇を果たすことになりました。

2009/2010 年 :

Audi R15 TDI に搭載された V10 TDI

2009 年からレースに参戦した Audi R15 TDI には、気筒数を 2 つ減らし、気筒あたりの排気量を拡大した 5.5ℓ V10 TDI エンジンが搭載されていました。そのパワーはおおよそ 440kW (約 600hp) でトルクは 1,050Nm 以上とされています。このエンジンは、それ以前の V12 TDI と比べると全長が短く、重量も軽く、それゆえ新しく設計されたスポーツプロトタイプの運動性能に好ましい影響を及ぼしていました。



Audi R15 TDI (2010)

アウディ チームは 2010 年、圧倒的な 1-2-3 フィニッシュでルマン 24 時間レースを制し、優勝したティモベルンハルト、ロメイン デュマス、マイク ロッケンフェラーのチームはトータル 5,410.713 km を走破して、ポルシェ チームが 39 年前に打ち立てた走行距離記録を 5 ラップ / 75.4km も更新してみせました。

ルマンのレギュレーション変更により、再びターボ過給圧とエアフローの量の制限が厳しくなりましたが、実質的には 10 気筒 TDI の性能に変化はありませんでした。アウディは可変タービンジオメトリー (VTG) のターボを採用して、スロットルレスポンスを大幅に改善していました。もっとも、最大 1,050°C に達する排気ガスの温度は、素材にとって大きな負担でした。そのため、以前から V12 TDI でテストが重ねられていたスチール製ピストンが、この V10 TDI で初めて正式採用され、その結果、ピストンがより高い燃料圧に耐えられるようになって、燃費効率がさらに向上しました。

2011-2013 年 :

Audi R18 TDI、Audi R18 ultra 及び Audi R18 e-tron quattro に搭載された V6 TDI

2011 年からアウディは、ブランドとしては 1999/2000 年の R8C 以来となるクローズドボディのスポーツプロトタイプ、Audi R18 TDI でもって、ルマンなどの国際耐久レースに挑戦する方針を立てました。新しいルールにより、エンジンは排気量を大幅に削られて 3.7ℓ にダウンサイジングしていました。アウディはこの新しいレギュレーションに対応すべく軽くてコンパクトな 6 気筒エンジンを新設計しました。そのバンク挟み角 120° の V6 TDI は、397kW (540hp) のパワーと 900Nm のトルクを発生し、前のモデル同様、6 速のトランスミッションと組み合わされていました。コモンレールシステムによる燃料噴射システムは、2,600 バールの最大噴射圧を実現していました。



Audi R18 ultra (2011)

このエンジンから、シリンダーヘッドのレイアウトと冷却に新しい概念が導入されることになりました。以降、アウディのレース用 TDI は、インテークが外側でエグゾーストが内側というレイアウトを持つようになっています。Vバンクの内側にはモノターボチャージャーが設置され、ループに設置されたスクープからフレッシュエアを取り込む仕組みになっていました。相対ブースト圧 2.0 バール（絶対ブースト圧は 2011 年モデルで 2,960 ミリバール、2012-2013 年モデルで 2,800 ミリバール）



Audi R18 e-tron quattro (2012)

を生み出す大型の VTG ターボチャージャーは、革新的なダブルフローの設計に加えて、エグゾーストの流れに対向したインテーク、コンプレッサー側の 2 つのアウトレットといった技術的特徴を備えていました。圧縮されたエアは別個のインタークーラーを通過してから 2 つのインテークマニフォールドに流れ込みます。2011 年のルマン 24 時間の結果は非常にドラマティックで、唯一生き残ったマルセル ファスラー、アンドレ ロッター、ブノワ トレルレイエ組の Audi R18 TDI が、追いつがるプジョー 4 台を振り切ってチェッカーフラッグを受けたのですが、2 位との差はわずか 13.854 秒に過ぎませんでした。一方、Audi R18 e-tron quattro は、フロントアクスルに最大 170kW のパワーを発生するモーター/ジェネレーター ユニット (MGU) を搭載したハイブリッド&テンポラリー 4WD のレーシングモデルです。それを駆ったファスラー、ロッテラー、トレルレイエ組は、2012 年に史上初のハイブリッド車のルマン優勝チームになりましたが、この年アウディは同レースで 1-2-3 フィニッシュを飾り、圧倒的な強さを見せつけました。翌 2013 年には、トム クリステンセン、ロイック デュバル、アラン マクニッシュのチームが同じ Audi R18 e-tron quattro で勝利を収めています。

2014 年 :

Audi R18 e-tron quattro に搭載された新開発の V6 TDI

アウディが、2014 年のルマン 24 時間レースに投入した Audi R18 e-tron quattro には、排気量 4.0ℓ のまったく新しい V6 TDI が搭載されていました。最高出力はおおよそ 395kW (537hp) で最大トルクは 800Nm 以上。コモンレールシステムの燃料噴射圧は 2,800 バール以上を実現していました。細部に至るまで設計を吟味した結果、レース用エンジンとしてはこれまでになく軽量で、燃費効率に優れたユニットに仕上がっていました。実際、燃料消費は、前年の 3.7ℓ V6 に対して、25 パーセント以上削減されていました。パワーはこのエンジンに加えて、ハイブリッドシステム（フロントアクスルに装着されたモーター ジェネレーター ユニット及びドライバー横のフライホイール式蓄エネルギー システム）からも最大 170kW 得られる仕組みです。このテクノロジーパッケージにより Audi R18 e-tron quattro は、2 メガジュールまでの回生エネルギーを容認するエネルギークラスで、2014 年のルマン 24 時間レースに参戦を果たしました。新しいルールにより、ラップ毎に使えるエネルギーの量には制限がありましたが、ほかの多くのパラメーターについて自由な工夫が可能でした。レースはトップが頻繁に入れ替わるドラマティックな展開でしたが、最終的にはゼッケン 2 番の Audi R18 e-tron quattro がトップに立って総合優勝を飾りました。マルセル ファスラー、アンドレ ロッター、ブノワ トレルイエがドライバーを務めたそのアウディは、379 ラップを走り抜け、2 位にもトム クリステンセン、ルーカス ディ グラッシ、マルク ジュネが運転したゼッケン 1 番の Audi R18 e-tron quattro が入着して、アウディはパーフェクトな勝利を収めることになりました。優勝したクルマが消費した燃料の総量は、2013 年の優勝モデルと比べて 22 パーセントも減少していました。TDI 時代の最初の年、2006 年のモデルと比べると、同じルマン 24 時間優勝車両でも、燃料消費はじつに 38 パーセントも向上していたのです。



Audi R18 e-tron quattro (2014)