

2017年9月から公道路上排ガス試験 RDE(Real Driving Emissions)の第1段階を開始

2016年2月、欧州議会は前年10月に加盟国が合意していた自動車の排ガス試験の新方式を承認した。これにより欧州では、公道における実走行時の排ガスを測定する新しい試験サイクル RDE(Real Driving Emissions)の採用が大枠で決定し、2017年9月から第1段階が開始されることが正式に決まった。RDEの具体的な実施方式に関する議論は引き続き行われており、またこれと並行して、新しい型式認証制度の導入が検討されるなど、2017年9月の本格導入までにはなお細かな修正が予想されるものの、自動車開発、特にパワートレイン開発に大きな影響を及ぼす路上排ガス測定が今後段階的に導入される。2020/2021年に導入予定の95g/kmCO₂排出規制と合わせ、排ガス規制も一層厳格化することになり、欧州で自動車を販売するメーカーには、これまで以上に、低燃費・低排ガスを両立するための戦略が要求される。

RDEは、従来のシャシダイナモを使った試験室での台上試験と異なり、公道で車載排ガス測定装置(PEMS)を搭載した自動車を実際に走らせ、NO_x(窒素酸化物)、PN(粒子状物質数)、CO(一酸化炭素)などの排ガスを測定し規制する。当面はNO_xとPNに上限値が設けられ、これを満たすことが自動車メーカーに求められる。ただし、台上試験(Euro 6c)と同一の基準値を公道で満たすことには技術的な困難が伴うため、CF(Conformity Factor)と呼ばれる適合係数が第1段階と第2段階で設定され、NO_xについては、それぞれ2.1倍、1.5倍までの超過が認められる。PNにも最大2.8倍程度(第1段階)のCFを設定することで議論が進められているが確定していない。RDEの周辺条件は、気温が-7℃から35℃まで、高度が最大1,300mまでと幅広く、またドライビングスタイルによる影響も大きいことから、こうした周辺条件による影響を減らすために、もう一つの係数TF(Transfer Function)の導入が議論されているが、こちらも結論は出ていない。

RDEでは、公道で測定された値を世界統一試験サイクルWLTP基準値に置き換えるための換算方式として2種類(EMROAD、CLEAR)が提案されており、2017年9月までにいずれかに一本化される。

RDEの導入と並行して議論されている新しい型式認証制度では、VW排ガス不正問題で明るみに出たディフィートデバイス(試験時にのみ排ガス浄化装置を作動させ、それ以外では無効化する装置)の不正使用禁止も検討されており、ディフィートデバイスの定義次第では、パワートレイン開発に影響を及ぼすと考えられる。

【欧州で導入される路上排ガス試験サイクルRDE(Real Driving Emissions)および新しい型式認証制度(案)の概要】

▽RDEの対象は排ガス

- RDEでは、NO_x(窒素酸化物)、PN(粒子状物質数)、CO(一酸化炭素)を測定し、段階的に上限値を設ける。
- CO₂排出(燃費)も同時にモニタリングするが上限値は設けない。
- CO₂排出値は当面は台上試験(2017年からWLTP導入予定)の数値を用いる。2020/2021年より95g/km規制導入。

▽RDE導入の流れ

- 移行期間:2016年1月から、新型車の型式認証でRDEによる排ガス(NO_x、PN、CO)のモニタリングを開始。測定された値をWLTP基準値に換算するために2つの換算方式(EMROAD、CLEAR)が検討されている(詳細14頁)。
- 第1段階: Euro 6d-TEMP/RDE(新型車は2017年9月1日から、継続生産車を含む全車は2019年9月1日から開始)。NO_xを測定し、EMROAD、CLEARのいずれかで換算。Euro 6cによる台上試験基準値を路上で満たすことは困難なため、適合係数CFを設定。NO_xについては2.1倍まで猶予(ガソリン車126mg/km、ディーゼル車168mg/km)。PN(粒子状物質数)のCFは最大2.8倍で検討中。CO排出値はモニタリングのみ。
- 第2段階: Euro 6d-TEMP/RDE(新型車は2020年1月1日から、継続生産車を含む全車は2021年1月1日から開始)。NO_xのCFは1.5倍(ガソリン車90mg/km、ディーゼル車120mg/km)。PNのCFは最大1.8倍で検討中。CO排出値はモニタリングのみ。

▽車載排ガス測定器(PEMS)と測定ルート

- 路上排ガス試験RDEは、車載排ガス測定器(PEMS)を搭載したテストカーを用いて行われる。
- 欧州委員会が認定する各国の検査評価機関が、RDEの規定に準ずるルート(13頁下)を用意する。

▽新しい型式認証制度(案)

- RDEの導入が正式決定する直前の2016年1月末、欧州委員会は型式認証制度の見直し案を提示した。
- RDEでは2021年まで適合係数CF(=Conformity Factor)が設定され、事実上、排ガス上限が現行よりも緩和されることになるため、より厳格な規制を求める動きが欧州議会内にあったが、新しい型式認証を欧州委員会が追加提案することでRDEの正式導入が議会で承認されたという背景がある。
- 新しい型式認証制度では、検査評価機関とメーカーとの癒着防止、抜き打ち検査の導入、またVW問題で明るみに出たディフィートデバイス(試験時にのみ排ガス浄化装置を作動させ、それ以外では無効化する装置)の不正使用禁止などが提案されている。
- 検査評価機関と自動車メーカーとの間に金銭的關係が生じないよう、検査評価に対する報酬制度の見直しを行う。また、各国の型式認証機関が、お互いを評価し合う枠組みにする。
- 市場流通前の事前検査に重点を置いている現在の制度をあらため、事後検査(抜き打ち検査等)を行い、不適合車が見つかった場合、全ての加盟国は、当該認証を与えた機関による対策を待たずとも、自国内で制限措置(リコール等)を実施できるようにする。加盟国は定期的に市場監視活動を点検し、その結果を公表しなければならない。
- 欧州委員会の監視権限を強化し、自動車メーカーと検査評価機関に罰金を科すこともできる。
- ディフィートデバイス等の使用に対する規制強化を検討。
- 新しい型式認証制度は、今後、欧州議会とEU理事会で調整され、双方の承認を得る必要があり、具体的な導入時期は未定。

(欧州委員会資料を基にFOURIN作成)

エンジン開発への影響

特定のエンジン出力領域における排ガスを測定する台上試験と異なり、RDE では、ほぼ全てのエンジン出力領域が対象となるため、台上試験向けに最低限の排ガス対策を施しつつ低燃費化を進めてきた従来のエンジン開発手法は通用しなくなる。急激な加速や登坂、高速走行などの過度運転が試験サイクルに組み込まれることになるため、自動車メーカーには、開発段階から燃費・排ガス面でのワーストパフォーマンスを想定したシミュレーションと対策が要求される。

ディーゼルエンジンのみならず、ガソリンエンジンも RDE の対象となり、特に直噴式については 2017 年 9 月から PN 上限値を一桁厳格化することも予定されている。ダウンサイズ化しつつスカベンジングなどで低回転域トルクを補う低燃費化手法は、今後は排ガス対策との

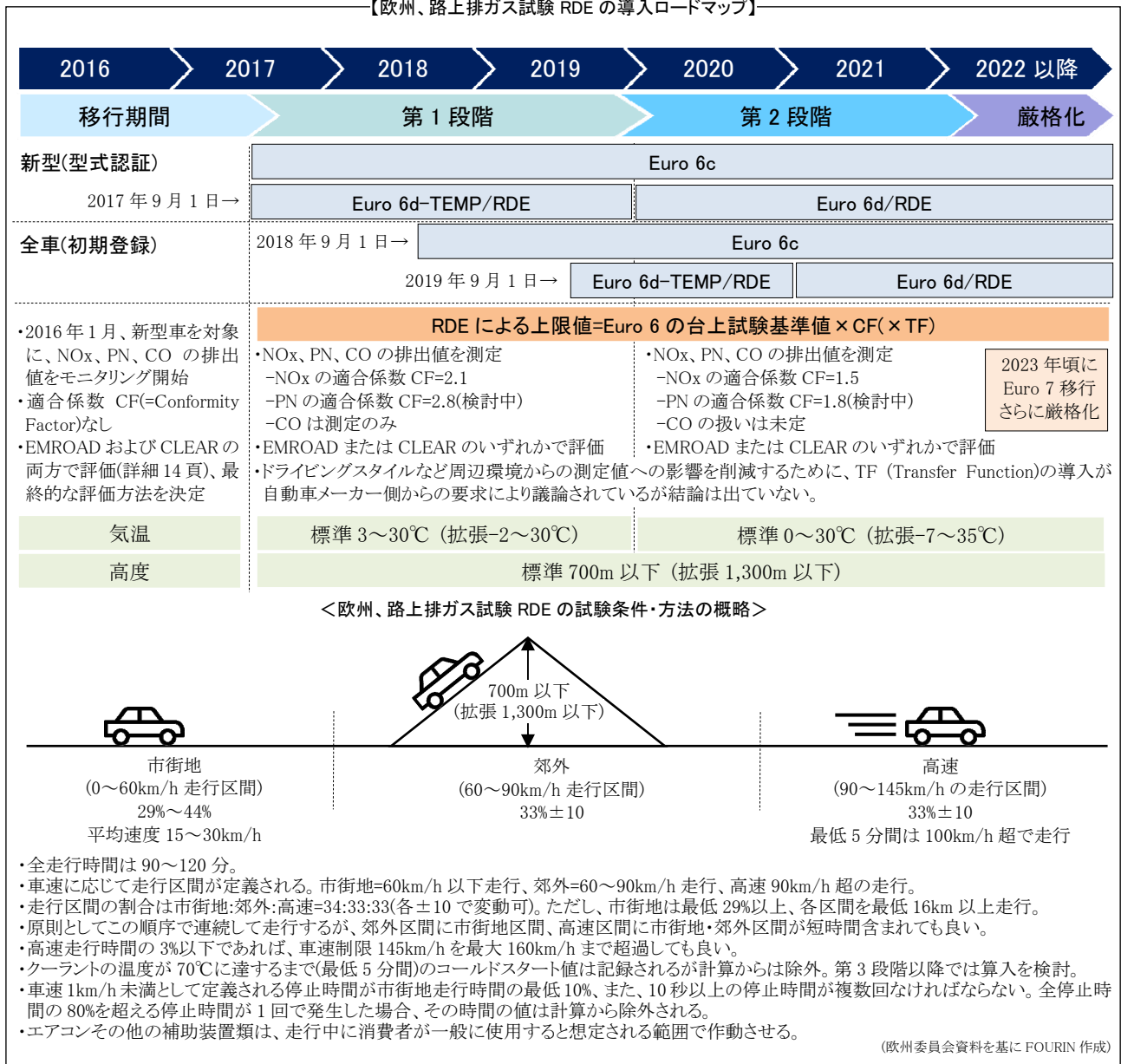
兼ね合いで採用が検討されることになる。このため、エンジン開発は、単純なダウンサイズ化ではなく、低燃費・低排ガスを両立する適正サイズ化へ向かうと見られる。

排ガス後処理装置への影響

ガソリンエンジンでは、三元触媒と排ガス粒子フィルター、ディーゼルエンジンでは、EGR(排気循環装置)、LNT(NOx 吸蔵還元触媒)、SCR(選択還元触媒)などを複数組み合わせ、熱管理などを徹底して低負荷時から高負荷時まで安定した排ガス浄化性能を確保する対策が今後は増えると考えられる。排ガス対策を徹底しつつ低燃費化を図るために、48V 電源システムをはじめとする電動化技術と組み合わせる流れも加速すると見られる。また、こうした対策にはコストがかかるため、特に普及価格帯のモデルにおいて、いかに低価格の対策を施すかが引き続き大きな課題となる。

(東)

【欧州、路上排ガス試験 RDE の導入ロードマップ】



【欧州、路上排ガス試験 RDE による排ガス上限値】

- RDE は公道実走行時の排ガスを測定する。そのため、台上試験を前提に定められた従来の Euro 6 基準値を満たすことは困難である。
- そこで欧州議会は、自動車メーカーに配慮し、RDE の導入当初(第 1 段階/第 2 段階)においては、基準値をベースとしつつも、適合係数 CF(=Conformity Factor)による一定の許容範囲拡大を認めた。

- NOx については、第 1 段階(Euro 6d-TEMP/RDE)では、Euro 6c の基準値に 2.1 倍の CF が乗算され、これが RDE の排ガス上限値となる。第 2 段階(Euro 6d /RDE)の CF は 1.5 倍となる。
- PN については、第 1 段階の CF を 2.8 倍、第 2 段階の CF を 1.8 倍とする方向で検討されているが、まだ確定していない。

＜欧州カテゴリ M(乗用車)の排ガス上限値＞

試験方法	排ガス規制	対象車	適用開始時期	NOx (mg/km)		PN (Number/km)
				ガソリン車	ディーゼル車	全車*1
路上試験 (RDE)	Euro 6d-TEMP/RDE (RDE Phase1)	新型車	2017年9月1日	126	168 ← 2.1 倍	(16.8 × 10 ¹¹) ← (2.8 倍)
		全車	2019年9月1日			
	Euro 6d/RDE (RDE Phase2)	新型車	2020年1月1日	90	120 ← 1.5 倍	(10.8 × 10 ¹¹) ← (1.8 倍)
		全車	2021年1月1日			
台上試験	Euro 6c	新型車	2017年9月1日	60	80	6 × 10 ¹¹
		全車	2018年9月1日			

注) PN=粒子状物質の数、PN の()内は検討中の数値であり未定。*1 台上試験(Euro 6c)における PN 上限値はディーゼルエンジン車と直噴式のガソリンエンジン車に適用。(欧州委員会資料を基に FOURIN 作成)

【欧州、路上排ガス試験 RDE による測定結果の換算方式】

▽2 つの換算方式を 2017 年 9 月までに一本化

- RDE では、車載排ガス測定装置(PEMS)が記録した排ガスデータを基に、WLTP 走行時の基準値と比較可能な値に換算する。
- 2016 年 1 月から 2017 年 8 月末までの移行期間は、Moving Averaging Window (MAW)方式と Standardized Power Frequency Distribution (SPF)方式の 2 つの方式で換算され、それぞれに対応する EMROAD と CLEAR の 2 つの換算ソフトウェアが用いられる。
- 2017 年 9 月以降はいずれかの換算方式に一本化される。

▽Moving Averaging Window (MAW、EMROAD)方式

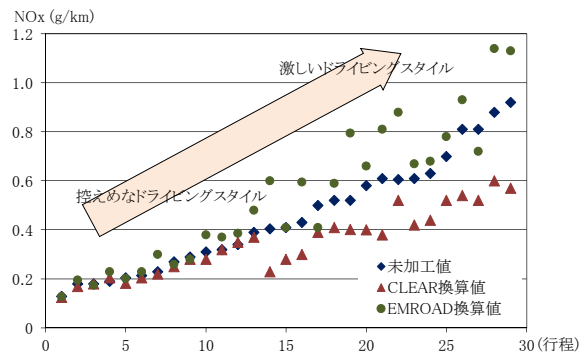
- 欧州委員会の Joint Research Centre (JRC)が開発した Microsoft Excel add-in ソフトウェア EMROAD を用いて行う。
- 走行中の CO₂排出量を積算し、WLTP 基準値の 1/2 になった時点を 1Window として 1 秒ごとに移動平均を求め、WLTP 基準による CO₂特性カーブ上にデータを移し、特性カーブからの乖離(25%、50%)に応じて測定値に重み付けを行い、NOx 排出量を積算する。
- ハイブリッド車については、第 2 段階以降、モーター類の電力消費を CO₂消費に換算して計算に含めることが検討されている。

▽Standardized Power Frequency Distribution (SPF、CLEAR)方式

- Graz 工科大学が開発したソフトウェア CLEAR を用いて行う。
- 走行中の排出ガス、タイヤ駆動力、車速の移動平均を算出し、9 段

階のパワークラスに分類。パワークラスごとに重みをかけて平均値を積算し、最終的な距離当たりの排出量を求める。

＜(参考) EMROAD と CLEAR、換算方法による値の違い＞



換算方式の違いで、結果は大きく異なる。ドライビングスタイルが激しくなればなるほど、その差は大きくなる。CLEAR 換算値は総じて低い。

(欧州委員会資料、JRC 資料、Graz 工科大学資料等を基に FOURIN 作成)

【欧州、RDE の対象となるエンジン出力範囲と自動車開発への影響】

▽RDE の対象はほぼ全てのエンジン出力領域

- 路上実走行時の排ガスを測定する RDE は、従来の台上試験をベースとする NEDC (New European Driving Cycle)や WLTP (Worldwide harmonized Light-duty Test Procedure)とは異なり、ほぼ全てのエンジン出力領域を広い範囲にカバーすることになる(下図)。
- RDE では、冷暖ささまざまな外気温(-7~35°C)に対応しつつ、特にエンジンの高負荷領域での排ガスを抑制することが新たな課題として浮上している(右下図)。

▽ワーストパフォーマンスを想定したパワートレイン開発

- RDE の導入によって、特にエンジン開発のトレンドには大きな変化が生じることが予想される(詳細次頁)。
- パワートレイン開発全般において、これまでのように台上試験の枠内でベストパフォーマンスを追求するのではなく、様々な走行条件下で、どのようなドライビングスタイルでも基準値内に収めること、すなわちワーストパフォーマンスを想定した開発が必要になってくる。
- 特に急激な加速や登坂、超高速運転などの過度運転を開発段階から想定しておくことが求められ、RDE に最適化したテストベン

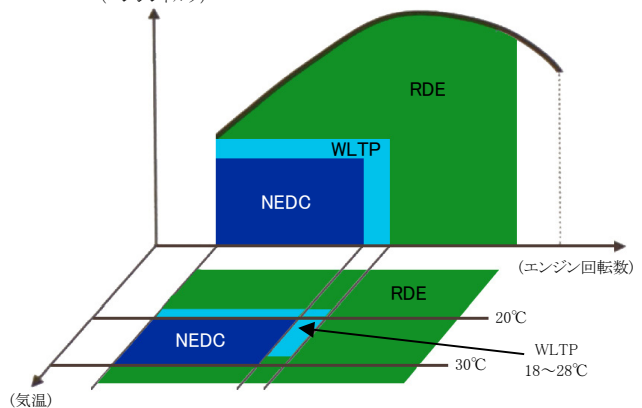
チ、シミュレーションソフトウェアなどの整備が求められる。

▽商用車の RDE とは異なる事情

- 既に商用車では RDE が導入されているが、乗用車とは異なる。
- 一般に、商用車は最高出力の半分程度を路上走行時に使用し、台上試験で求められる出力とほぼ同じ出力で走行しており、ドライビングスタイルによるばらつきが少ない。
- しかし乗用車は、最高出力と通常使用出力との差が大きく、それだけドライビングスタイルの影響を受けやすい。

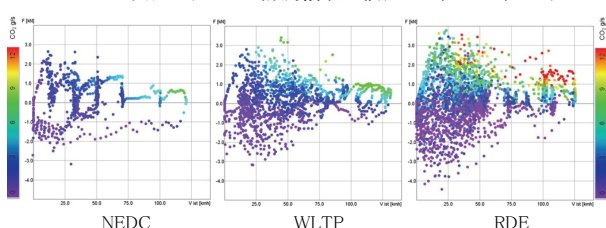
＜RDE と他の試験サイクルの計測領域の違い(概念図)＞

(エンジントルク)



(欧州委員会資料、TÜV Nord 資料、TÜV Súd 資料等を基に FOURIN 作成)

＜エンジン出力マップ上の計測領域比較(NEDC、WLTP、RDE)＞



【欧州、RDE 導入で変わるガソリンエンジンの開発トレンド】

▽RDE 導入はガソリンエンジン開発にも影響

- ・欧州委員会は、ディーゼルエンジンのみならず、ガソリンエンジン、とりわけ直噴式ガソリンエンジンによって生じる排ガスを問題視。2014 年の Euro 6 からガソリンエンジンも規制対象に加え、その NOx と PN に上限値を設けた。
- Euro 6c の PN(粒子状物質数)は、 6×10^{12} から 6×10^{11} に厳格化。
- ・台上試験向けに最低限の排ガス対策を施しつつ低燃費化を進めてきた従来のエンジン開発手法は、RDE においてはそのままでは通用せず、多くの新しい開発課題が生じている。

▽ダウンサイズ化から最適サイズ化へ

- ・2000 年代以降、世界の主要メーカーが進めてきたエンジンのダウンサイズ化による低燃費化という開発潮流は、一部では引き続き継続する可能性があるものの、RDE の導入により、単なる低燃費化一辺倒のダウンサイズ化は成立しなくなる可能性が高い。
- ・今後は、十分な排ガス対策を施した最適サイズエンジンを追求する動きがより強まると考えられる。

▽ターボ搭載直噴エンジンのスカベンジング

- ・とりわけ RDE で問題となるのは、低回転域(1,500~2,500rpm 付近)でのトルクを補うためにターボ搭載直噴ダウンサイズエンジンで多用されてきたスカベンジング(掃気)である。
- スカベンジングは、エンジンの低回転時に吸気バルブを早閉じすることで空気の逆流を防ぎ気筒の充填効率を高め低回転域のトルクを向上させる技術である。
- Bosch などの提案で、多くの直噴ダウンサイズエンジンにターボチャージャーとの組み合わせで導入されている。
- ・しかし、極端なダウンサイズ化と効率重視の変速戦略によってアンバランスなパワーウェイトレシオを実現した車などは、RDE では控えめなドライビングスタイルでも NOx が増加する。
- ・スカベンジングは低燃費化と高トルク化を両立する技術ではあるが、RDE においては、低排ガス化とトレードオフの関係に立つことになり、搭載車の個性に応じてバランスさせる必要が出てくる。

▽E ブースター、可変ジオメトリターボの増加

- ・スカベンジングを回避しつつ低回転域でのトルクを向上させる技術としては、E ブースターや可変ジオメトリターボなどがある。
- ・2016 年現在、これらの技術は高コストであり一部のプレミアムモデルにしか採用されていないが、RDE の導入がこうした技術の採用を

後押しし、量産効果により早い段階で普及する可能性がある。

▽高負荷・高回転域での潤滑とエンジン保護

- ・エンジン開発において圧縮比を決定する際、通常は典型的な消費者を想定し、潤滑をさほど必要としない範囲内で最も高い圧縮比を選択する機会が多い。燃費が良くなるからである。
- ・しかし、この場合、加速や高速走行などの高負荷時にはエンジン保護のために潤滑を増やす必要が生じ、そのことが CO や PN の増加につながる。
- ・エンジンの過熱による損傷を防ぐ手法としては、水冷エキゾーストマニホールドによる排ガス冷却などがあるが、高コストである。
- ・また、EGR による希釈燃焼は、潤滑剤を減らす対策として有効であるが、完全になくすためには、低圧縮比化と大排気量化が避けられず、結果、CO₂排出とトレードオフの関係に立つ。
- ・こうしたトレードオフを避けるために、水噴射システム(本誌 24 号 28 頁参照)や可変圧縮比などの新技術が提案されている。
- ・また、ミラーサイクルやアトキンソンサイクルは、圧縮比と潤滑のトレードオフを折衷する方法として有効である。エンジンの高負荷時に可変バルブタイミングなどで高圧縮比をいくらか下げることは、潤滑の削減を可能にするからである。

▽三元触媒、排ガス粒子フィルター

- ・ガソリンエンジンにおいては三元触媒が引き続き有効である。触媒が活性化するための低温域での排ガス浄化に課題が残されており、電気加熱触媒などの利用が増えると思込まれる。
- ・ガソリンエンジン用排ガス粒子フィルター(GPF)は、他の対策で NOx を削減しきれない場合の排ガス後処理装置として有効な手法となる。ただし、捕集効率をあげると排気系の圧力損失が増大するため、燃費とのトレードオフとなる。
- 一定の排ガス捕集性能を確保しつつ低燃費を維持し、その上で GPF の酸化再生をエンジン制御とどのようにリンクさせシステムの耐久性を得るかが課題となる。

▽電動化技術との組み合わせ

- ・48V マイルドハイブリッドシステムや、48V 電源を用いた E ブースター、電気加熱触媒など、様々な電動化技術との組み合わせにより、排ガスを抑制しつつ低燃費化することがますます重要になる。ただし、これらはコストとのトレードオフである。

(AVL 資料、Continental 資料、FKFS シンポジウムヒアリング等を基に FOURIN 作成)

【欧州、RDE 導入によるディーゼルエンジンと排ガス後処理装置の開発見通し】

▽ディーゼルエンジンの燃費優位性は RDE においても不変

- ・RDE においても、ディーゼルエンジンの燃費性能がガソリンエンジンより優位であることには変わりはない。
- ・ただし、RDE 対策として複数の後処理装置を組み合わせる必要が出てくることなどから、ディーゼルエンジンは一部のプレミアムモデルにのみ搭載可能なパワーレインとなる可能性がある。
- 2016 年現在、VW 以外にも、複数メーカーのディーゼルエンジンモデルが Euro 6 で規定される基準値を公道測定において上回っていることが確認されている。RDE の第 1 段階開始までに追加の排ガス後処理対策が必要になると想定される。

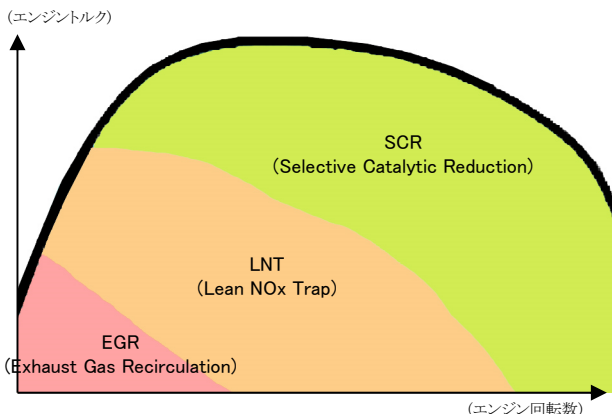
▽後処理装置

- ・ディーゼルエンジンの排ガス後処理装置としては、EGR(排気循環装置)、LNT(NOx 吸蔵還元触媒)、SCR(選択還元触媒)など様々な

方法がある。コストを考慮しつつ、今後はこれらの装置を複数組み合わせる例が増加すると想定される。

- ・EGR では、高圧/低圧を組み合わせ、全エンジン出力領域において排ガスを細かく制御する手法が主流になると考えられる。
- ・VW 問題で明るみに出たディフィート(無効化)装置への規制厳格化が想定され、LNT 搭載のハードルは上がる。
- ・SCR は依然として高価な対策である。しかし、台上試験と異なりエンジン高負荷時の排ガス抑制が課題となる RDE においては、普及価格帯モデルでも尿素(AdBlue)SCR を搭載するケースが増えると思われる。
- ・市街地を低負荷で走行する場面などでは、Start/Stop システムや気筒休止などにより、後処理装置の温度が下がることが問題となるため、その対策が必要となる。

<排ガス後処理装置の有効領域(概念図)>



<排ガス後処理装置の比較(EGR, LNT, SCR)>

	EGR	LNT	SCR
特徴	排ガスを再循環させNOxを削減	NOxを触媒に吸蔵させる	尿素 AdBlue によりNOxを水と窒素に還元
利点	追加装置が少なく済み、低負荷時の浄化効率が高い	低負荷時でも一定の浄化性能があり、システムの耐久性が高い	NOx浄化性能が高く、低燃費・低排ガスを両立しやすい
欠点	高負荷時に排ガスが増加燃費とトレードオフの関係	2.00を超えるエンジンでは、酸化再生回数が増え燃費に悪影響	低負荷低温時の浄化性能が低く、尿素タンクなどの装置も必要
価格(ドル/台)	142~160	320~509	418~494

(FKFS 資料、VDA 資料、ICCT 資料等を基に FOURIN 作成)