

## ここまできたディーゼル 実用性ではガソリンしのぐ

フランスでは乗用車のディーゼル比率が 50 %を超えた。これを高級乗用車セグメントに限って見れば、82 %に跳ね上がるという。ベルギーでは 87 %、オーストリアでは 77 %、イタリアでは 70 %...。欧州では、ディーゼルこそが「高級な」エンジンなのである。

### 実用性でガソリンをしのぐ

人気の理由は至極単純だ。コストの問題を除けば、ディーゼル車が、どの面から見てもガソリンエンジン車より優れているからである。「遅い、うるさい、汚い」という昔日の面影は、今やみじんもない。

まず、走行性能。海外での豊富な試乗経験を持つモータージャーナリストの清水和夫氏は「特にアウトバーンでの走行性能は、ガソリン車のそれを圧倒している」と言う。それが単に感覚の問題ではないことは、同排気量のエンジン同士を比較してみれば分かる。

マツダは今夏発売した「アテンザ」に、排気量 2.0L・直列 4 気筒の新開発ガソリンエンジンを搭載するほか、欧州仕様車に同排気量のコモンレール直噴ターボディーゼルエンジンを用意している。(図 1) 例えばこの両者を比較すると、最大出力と最大トルクはガソリンエンジンが 104kW/6000rpm, 181Nm/4500rpm, ターボディーゼルが 100kW/3500rpm, 310Nm/2000rpm。ディーゼルが半分程度の回転数でほぼ同等の出力と 72 %も高いトルクを発生していることが分かる。

低回転で高いトルクを発生するディーゼルエンジンはスムーズな加速を実現し、高速走行時の回転数をほぼ半分にできる。このことが、走行性能だけでなく、静寂性を高めることになる。

それだけいいことづくめなのに、燃料費は安い。最新のディーゼルエンジンは、同程度の排気量・出力のガソリンエンジンに比べて 2 ~ 3 割、場合によってはそれ以上燃費が良いようだ。しかも燃料である軽油の価格は、国によって差はあるもののガソリンより 2 ~ 3 割は安い。これを掛け合わせると、ディーゼル車はガソリン車に比べて燃料コストが 1/2 ~ 2/3 程度で済む。

高速道路網の発達した欧州では、年間 2 万 km 程度走るユーザーは珍しくない。仮にガソリン車の燃費を 10km/L, ディーゼル車を 12.5km, 燃料価格をガソリンが 100 円/L, 軽油を 75 円/L, 年間の走行距離数を 2 万 km と仮定すると、ガソリン車の年間の燃料コストは 20 万円。ディーゼル車は 12 万円済み、しかも給油の手間が減る。加えて、忘れてはならないポイントは、燃料消費量が少ないので CO2 排出量も抑えられるという点である。

### スモールカーにも波及

実用面で見ると、ディーゼル車はガソリン車を超えたと言っていいだろう。だが、ディーゼル車にも弱点はある。それが、コストだ。

ディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンよりもシリンダ内の圧力が高くなるので、高

強度のシリンダブロックやシリンダヘッドなどを使う。これに、高圧コモンレール燃焼噴射装置や可変ターボチャージャーなどを組み合わせるため、どうしても同一排気量のガソリンエンジンよりコストがかさむ。当然、それを使うディーゼル車はガソリン車よりも高くなってしまふ。

ところが欧州では、同排気量のガソリン車と変わらない価格でディーゼル車は売られている。たとえば DaimlerChrysler 社が今年 1 月に発表した Mercedes-Benz「E クラス」(図 2)で比較すると、2.7L・直列 5 気筒の新開発コモンレール直噴ディーゼルエンジンを搭載した「E270CDI」の価格は、2.6L のガソリンエンジンを搭載する「E240」より 2% 高いだけ。排気量がわずかに大きいことを考えれば、ほぼ同等と考えていい。

メーカーがあえてこうした「値付け」をするのは、ディーゼル車の方が CO<sub>2</sub> 排出量が少ないためである。欧州自動車工業会は、2008 年までに自動車の CO<sub>2</sub> 排出量を 1990 年比で 25% 削減することを公約している。これを達成するための有力な武器となるのがディーゼル車。この価格を戦略的に抑えることで構成比を上げ、企業としての平均燃費を引き下げようとの意図である。

こうした欧州メーカーの「ディーゼルシフト」は比較的成本差が吸収しやすい高級車から、いわゆるスモールカーの分野へと広がりつつある。それを広く印象付けることになったのが、2001 年 9 月に開催された「フランクフルトモーターショー (IAA2001)」だった。ドイツ Volkswagen 社の「Polo」、Ford Motor 社の「Fiesta」、フランス Citroen 社の「C3」など、各社の新型主カスモールカーが一斉に登場、さながらスモール・ディーゼル・ショーの様相を呈することになった(図 3)。

こうした車種は、日本でいえばトヨタ自動車の「ヴィッツ」、日産自動車の「マーチ」に匹敵するものだが、いずれも排気量 1.4L のディーゼルを主力に据えている。新型車ではないが、トヨタは「Yaris (日本名ヴィッツ)」の 1.4L ディーゼルエンジン搭載車を出展、フランス Renault 社も「Clio」を大幅改良、これに新型の 1.5L ディーゼルエンジンを搭載する計画を明らかにした。

コスト削減要求が厳しいスモールカー分野だけに、価格は「ガソリンエンジン車とほぼ同等」とまではいかないようだ。例えば Volkswagen 社の Polo は、同等の排気量ならディーゼル仕様の方が 15 万円ほど高い。さすがにこのクラスでは価格差を吸収し切れなかったようだ。もし、こうした価格差を乗り越えてスモールクラスでもディーゼル車が普及することになれば、欧州でのディーゼル比率は早々に 5 割を超えるだろう。ディーゼル車が主流になれば、量産によるスケールメリットは大きくなり、開発に投じられるリソースも大きくなる。ますますディーゼル車は進化し、安くなり、ガソリン車に対する優位性は大きくなっていく。

こうした動きを加速すべく、ディーゼルエンジンを核にグループの枠を超えて協力関係を構築する例も出てきた。例えばフランス Peugeot・Citroen グループと Ford 社は、共同でディーゼルエンジンの開発を進めている。共同開発品のうち、1.4L 直噴ターボディーゼルエンジンを Ford 社は Fiesta、Citroen 社は C3 に搭載した。

Peugeot 社は、2005 年からトヨタとチェコで共同生産するスモールカーにも同じエンジンを供給する予定。一方でトヨタは、前述の Yaris 用ディーゼルエンジンをドイツ BMW 社の「Mini」に供給するもよう。日本では、次世代パワートレインとして「ハイブリッド」

や「燃料電池」が注目を集めているが、その陰でディーゼルエンジンは「ガソリンエンジンに代わる CO2 排出の少ない低公害エンジン」としての地位を着々と固めつつあるのだ。

#### 消えゆく日本のディーゼル乗用車

一方、日本市場に目を転じれば、現状はお寒い限りだ。欧州とは逆に、ディーゼル乗用車はどんどん消えている。例えばトヨタは、これまでセダンの「カローラ」や「コロナ」「カリーナ」、ミニバンの「ノア」などに設定していたディーゼル仕様を、最近の全面改良を機に廃止した。日産もミニバンの「プレサージュ」や「セレナ」のディーゼル仕様車を、最近の部分改良を機にカタログから落としている。

日本のセダン型乗用車でまだディーゼル仕様が残っているのは日産の「ロレル」「サニー」程度だが、それもいつまで続くやら。ここしばらく存続しそうなのは、日産の「エルグランド」や三菱自動車工業の「パジェロ」など大型のRV車くらいだろう。

ディーゼル乗用車が消えていくのは売れないから。売れないものに、開発コストは掛けられない。「最近では技術者を燃料電池車にかなりシフトしている」(ある自動車メーカー)という状況は、差こそあれ国内自動車メーカーに共通しているはずだ。この結果、エンジンの進化は鈍化し、さらに売れなくなる。まさに悪循環だ。

こうした状況は日本メーカーの国際競争力低下を招く。その懸念は、欧州では既に現実の問題となっている。まだディーゼル車人気が顕著になっていない米国ではビッグ3を圧倒する競争力を見せる日本メーカーが、欧州ではシェアを伸ばせない。その理由の一つは、ディーゼル車の品揃えが少ないからだ。人気の高い、ディーゼルエンジン搭載の高級車に至っては、日本メーカーは商品化すらしていない。たとえ商品化したとしても、量産規模で見劣りする日本メーカーが、コストで欧州メーカーと競うのはかなり難しそうだ。

現在は、まだ日本メーカーもディーゼルエンジンで高い技術力を保持している。だが量産規模を拡大しつつ開発を加速させる欧州メーカーに、どこまでついていけるかは疑問だ。そして、米国市場が「走行性能が高く、静かで燃費も安く、しかも CO2 排出量が小さい」ディーゼルの優位性に目を向けたとき、その技術力格差は致命傷になるだろう。

#### 日本での可能性

こうした危機を回避する唯一の方策は、日本市場でもユーザーにディーゼル車の優位性を認知させることだろう。その可能性は大いにある。最新のディーゼル車には、ガソリン車を超えるさまざまな魅力があるのだから。

そのための最大のポイントは、ディーゼル車の「排ガスが汚い」という消費者のイメージを払拭することにある。幸い、ディーゼル排ガスのクリーン化技術は急ピッチで進化している。もともとディーゼル車は CO2 排出量が少ないというメリットがある。PM \* 3 や NOx といった有害物質についても、エンジン本体で可能な限り燃焼を改善する、さらに後処理装置によって取り除くという2段階の技術によって相当なクリーン化が期待できる。

こうした改善によって、乗用車用ディーゼルの排ガスは 2005 年には一昔前のガソリン車並みにクリーンになりそう。さらに、最新のガソリン車並みにクリーン化することも射程距離内に入ってきている。



新たな政策や規制もディーゼルのイメージ刷新を後押しする。消費者のディーゼル車に対するイメージを悪くする元凶となっているのは、古いディーゼル車が市場に大量に残っていること。この問題には 2003 年から規制のメスが入る。さらに、クリーンなディーゼルトラックを開発する官民共同プロジェクトも 2002 年度から始まる予定だ。



[ 図 1 ] 欧州向けにターボディーゼル仕様を用意したマツダの新型セダン「アテンザ」



[ 図 2 ] ガソリン仕様とディーゼル仕様の価格をほぼ同じに設定した DaimlerChrysler 社の「Benz-E クラス」



[ 図 3 ] 排気量 1.4L のターボディーゼルエンジンを主力に据えた Volkswagen 社の新型「Polo」

## エンジンの改良（１）

：急務は PM，NO<sub>x</sub> の大幅低減，多段噴射で燃焼を改善

ディーゼルの良さを何とか再認識してもらいたい。

そのために、是非ともやり遂げておかねばならないのが、排ガスのクリーン化だ。

なかでも急務となるのがガソリンエンジンより見劣りする NO<sub>x</sub> と PM の低減。

両者を同時に減らすために、当面のカギとなるのが、燃料噴射の量やタイミングを精密に制御する技術である。

これを駆使して NO<sub>x</sub> と PM の漸減を進めつつ、大幅削減がねらえる新燃焼方式を模索する展開になるだろう。

欧州でディーゼルエンジンが「受ける」理由の一つは、環境にやさしいこと。欧州では「ディーゼルは環境にやさしい」という評価がほぼ確立している。ところが、日本の状況は全く異なる。いまだにディーゼルには「排ガスが汚い」というイメージが付きまとう。もちろん、最新車種で比較しても日本のディーゼル車と欧州のディーゼル車で大きな差があるわけではない。欧州と日本で排ガス規制値にそれほど大きな違いはないのだから。

PM を 9 割削減へ

それでも厳然と存在するこのイメージ格差は、注目する排ガス成分の違いに根ざしてい

る。欧州での高評価を支えているのは排出 CO<sub>2</sub> 量の少なさ。ただし、ディーゼル車の排出ガスが、すべての面でガソリン車よりも「クリーン」であるとはいえない。自動車の排ガス規制の対象となっている主な有害物質のうち、CO（一酸化炭素）、HC（炭化水素）は一般にディーゼル車の方が少ない。だが、NO<sub>x</sub>（窒素酸化物）や PM（粒子状物質）については、逆にガソリン車よりも排出量が多いのだ。

この弱点を克服することこそが、日本でディーゼルの再認識を促すためのカギとなる。NO<sub>x</sub> や PM の排出量をガソリン車並みに減らすことができれば、ディーゼル車の死角はほぼ解消することになるからだ。これを目指す際に、当面の具体的な目標となるのが 2005 年から実施されるディーゼル車の新しい排ガス規制（新長期規制）である。

この規制では、PM の排出量を現行規制より約 9 割、NO<sub>x</sub> の排出量は約 6 割減らすことを求めている。これをクリアすれば、乗用車では数年前のガソリン車のレベルを上回ることになる。

技術面から見れば、この規制を達成するメドはほぼ立ったといえるだろう。必要なのは、エンジン本体の改良と、排ガスを後処理する装置の二つ。これまで実用化されているディーゼルエンジンでは、主にエンジン本体の改良で規制強化に対応してきた。後処理装置の技術水準がまだ低かったことと、後処理装置自体がコストアップの要因になることがその理由である。

かといって、この後処理装置を追加するだけで新長期規制に対応することはできない。エンジンの方で極力排ガスのクリーン化を進め、その不足分を後処理装置で補うことになるだろう。基本となるのは、やはりエンジン本体の改良だ。

#### 燃料を噴くそばから燃焼させる

そのための手法は、大きく三つある。燃料噴射の量/タイミングの改善、燃焼室形状の改善、そして燃焼形態の改善だ。このうち、最近になって目覚ましい進歩を遂げているのが燃料噴射の改善である。

現在のディーゼルエンジンは「拡散燃焼」と呼ばれる燃焼形態を使っている。NO<sub>x</sub> の低減は、現状ではこの採用に負う部分が多い。この手法を一言で説明すると、空気を圧縮して高温にした燃焼室に燃料を噴射し、燃焼させるもの。ここでのポイントは、燃料を噴くタイミングを燃焼室が高温になるまで遅らせることだ。

以前のディーゼルエンジンでは、燃焼室内が高温になる前に燃料の噴射を終えていた。その後、ピストンが上昇して燃焼室内が十分に高温になったところで燃料に火が付き、燃焼室内の燃料はほぼ一気に燃える。こうした燃焼形態にすると、燃焼室内が高温になるので大量の NO<sub>x</sub> が発生し、燃焼圧が一気に高まるのでエンジン騒音も大きくなってしまう。

これに対して拡散燃焼では、燃料は噴くそばから着火するので、すべての燃料に一気に火が付くということがない。燃焼温度の上昇が抑えられるので NO<sub>x</sub> の発生が少なく、騒音も低い。ただしこの方式は、そのままだと PM が増えるという難点がある。燃料を噴くそばから燃焼させるので、燃料が十分に気化する時間が取れないからだ。液滴の状態の燃料が内部まで完全に燃えず、PM となって排出されてしまう。

これに対応するため、最近のエンジンでは、噴射圧を高めて噴射する燃料の粒径を可能な限り小さくする手法を取り入れている。燃料を小さい穴から高圧で噴射することで、燃



料粒を小さくするのだ。排ガス規制前のディーゼルエンジンの噴射圧がせいぜい 60MPa 程度だったのに対し、現在では高圧化に有利なコモンレール式燃料噴射装置などを採用し、噴射圧を 135 ~ 180 MPa まで高圧化している。

#### 微量の燃料を予備的に噴射

この高圧噴射に加え、最近のエンジンで採用が広がってきたのが「パイロット噴射」である。本来の燃料噴射（メイン噴射）の前に微量の燃料を噴射する手法で、この微量燃料はピストンの上昇に伴う燃焼室内の温度上昇によって燃える。

この予備的な燃焼によって燃焼室内の温度を上げ、メイン噴射時の拡散燃焼を活発化、燃料を噴射してから着火するまでの「着火遅れ時間」を短縮することができる。着火が遅れると、シリンダ内に噴射されながら燃えていなかった燃料に、あるタイミングで一気に火が付き、燃焼温度が上昇する。この結果、NO<sub>x</sub> の排出が増えるほか、エンジン騒音も大きくなってしまう

#### メイン噴射の後にも噴射

こうした手法は、現行のエンジンでも採用が進み、ほぼ確立した技術といえる。今後は、この技術を発展させた手法が取り入れられていくだろう。まず、今年後半から登場しそうなのが、パイロット噴射の発展型である「多段噴射」だ。

この多段噴射では、パイロット噴射に加え、「プレ噴射」「アフター噴射」「ポスト噴射」などと呼ばれる噴射を実行する。プレ噴射はメイン噴射の直前にさらに 1 回燃料の微量噴射を行うもの。メイン噴射の約 1ms 前に噴射することで、さらに拡散燃焼を活発にし、PM の発生を抑える。アフター噴射はメイン噴射の燃料で PM が発生したところへ、微量の燃料を噴射するもの。再び拡散燃焼を発生させ、残った PM を完全に燃焼させてしまう。ただし、この燃焼過程で若干の NO<sub>x</sub> が発生するので、PM の排出量との兼ね合いを見ながらきめ細かく制御しなければならない。

最後のポスト噴射は、メイン噴射から大きく遅れて燃料を噴射するもので、後処理装置の働きを補助する効果がある。後処理装置の中には燃料を一種の還元剤に使う NO<sub>x</sub> を浄化するタイプのものがあり、こうした触媒に燃料を供給するのがポスト噴射の目的の一つだ。触媒は排ガス温度がある程度以上ないと活発に働かないので、排ガスの温度を上昇させたい場合にも実施する。

今後のディーゼルエンジンでこうした手法をすべて取り入れようとする、1 回の燃焼で 5 回以上も燃料を噴射することになる。しかもそれを短い時間に、正確な量とタイミングで安定に実行しなければならない。このため、噴射システムの動作にはこれまで以上の高速応答性が求められることになる。(図 4)

こうした要求に応えるため、コモンレール式燃料噴射システムを手掛けるデンソーは、2002 年初めから同社が第 2 世代と呼ぶコモンレール式燃料噴射システムの生産を始めた。この噴射システムで同社は、燃料の噴射圧力を第 1 世代の 120 ~ 145MPa に対して 135 ~ 180MPa まで高め、さらに多段噴射に対応できるようにシステムの応答性を上げた。パイロット噴射とメイン噴射、あるいはプレ噴射とメイン噴射は、両者の時間的間隔を近づけるほど効果的だが、デンソーの第 1 世代のシステムでは 0.7ms までしか詰められなかった。

これを第2世代のシステムでは、運動部分の軽量化などにより 0.4ms まで縮めている。

#### ピエゾインジェクタを実用化へ

もう1社の燃料噴射システム大手であるボッシュ オートモーティブ システム（旧ゼクセル）は、さらなる高速化を狙い、インジェクタ（噴射弁）のアクチュエータにこれまでのソレノイドに代えて、ピエゾ素子を使ったコモンレールシステムを開発している。2003年ごろから製品を投入する計画だ。

ピエゾ素子は、電圧を加えると長さが伸びる圧電セラミックス素子で、これを使えば  $\mu s$  オーダーの応答時間が実現できる。これを燃料噴射弁の開閉に使えば噴射の間隔を詰められ、同時に噴射量のバラつきを大幅に減らすことができる。

こうした効果は以前から知られており、ピエゾインジェクタは次世代インジェクタの本命と目されていた。それにもかかわらずこれまで実用化できなかったのは、耐久性の確保が難しかったためである。ピエゾ素子はセラミックスなので、どうしても製造工程で微小なクラックが生じてしまう。こうした微小なクラックは、通常のアクチュエータとして使うには支障がない。ところがインジェクタに使う場合、ピエゾ素子は燃料に浸された状態になるため、燃料中の微量な不純物などがクラックに入り込み、短絡などの不具合を引き起こす。この問題が、実用化を阻むアキレス腱となっていた。

ボッシュ開発部門コモンレール・システム総括ゼネラル・マネージャーの伊藤悟氏は「非常に厳しい耐久性が要求されるトラック用ではまだ問題が残っているものの、乗用車用については耐久性確保のメドは立った」と言う。

デンソーでもピエゾインジェクタの開発は進めており、2004年中ごろに実用化する予定の第3世代のシステムに採用する予定だ。同社は自動車用ショックアブソーバの減衰力制御向けにピエゾ素子を大量生産している実績があり、実用化に自信を持っているようだ。

#### 燃え終わったガスを冷却する

これら噴射方法の改善と並行する形で、燃焼室形状の改善も進んでいる。中でも注目を集めているのが、マツダが最近開発した NO<sub>x</sub> の排出量を減らす技術である。同社はこの技術を「EVCC（エキスパンシブ・バーチカル・ボルテックス・コンバッション）」と名付け、「アテンザ」用のディーゼルエンジンに搭載する予定だ。

EVCC が興味深いのは、これまでの NO<sub>x</sub> の低減手段が「燃焼温度を低くすること」を目指していたのに対し、「燃焼が終わったガス（既燃ガス）を素早く冷却する」という新しい発想を取り入れたことである。

NO<sub>x</sub> は空気中の窒素が燃焼時の高温で酸素と反応することによって生成するが、マツダの実験によると NO<sub>x</sub> は、燃焼時だけでなく、燃焼終了後にシリンダ内に局所的に存在する高温の既燃ガスからも発生していることが分かった。この既燃ガスの温度を 2000K 以下に冷却することができれば、発生する NO<sub>x</sub> の量を大幅に抑えることができる。

既燃ガスを冷やすための手段としてマツダは、シリンダ内に高温の領域が局所的に存在するのと同様、比較的低温の余剰空気の領域があるのを利用しようと考えた。この高温の領域の既燃ガスと、比較的低温の領域の余剰空気を混合することで既燃ガスを冷却しようというのだ。



## 縦渦を利用

余剰空気と既燃ガスを混合するために利用するのが燃焼室内に生じる縦渦である。噴射された燃料は、混合気となった領域でまず着火し、その火炎が伝搬していく過程で体積膨張しながら燃焼室の壁面に沿って進む。この燃焼が伝搬していくのに伴う膨張流によって縦渦が生成すると考えられている。

マツダはこの縦渦の効果を最大限に引き出すような燃焼室形状と燃料噴射の条件を検討し、約 20 % の NO<sub>x</sub> 低減の効果を確認した。この際、燃焼室リップ径（入り口部分の径）は小さくした方が、燃料噴霧の広がり角（コーン角）は大きくした方が、それぞれ縦渦が強くなるという。こうした解析には、大阪市立大学大学院工学研究科機械物理系専攻の脇坂知行教授と共同で開発した独自の燃焼シミュレータを活用した。



[図 4]アテンザの欧州仕様車に搭載される新開発の直噴ディーゼルターボエンジン

## エンジンの改良（2）

：予混合燃焼の研究が進展，将来はガソリン並みクリーン化も

### 全く新しい燃焼形態を提案

噴射方法や燃焼室形状の改善は、従来手法の延長線上にあるもの、すでに実用水準に達しているものといえる。これでかなりの効果が期待できるが、限界が見えているのも事実だ。

こうした状況を受け、NO<sub>x</sub> を 1/10 ~ 1/100 に低減する新たな燃焼形態を模索する動きも活発になっている。例えば自動車メーカー 8 社が出資して設立した次世代ディーゼル研究会社の新エィシーイーは「予混合圧縮着火燃焼（予混合燃焼）」と呼ぶ手法の検討を進めている。

これまで、ディーゼルエンジンをクリーン化しようとするエンジニアたちを悩ませてきたジレンマは、NO<sub>x</sub> を減らそうとすると PM が増え、PM を減らそうとすると NO<sub>x</sub> が増えてしまうことだった。まだ実験段階ではあるが、予混合燃焼はこのジレンマを解決する可能性がある。

上死点の 100 ° 前で噴射

予混合燃焼か拡散燃焼かの違いは、つまるところ燃料が気化した状態で燃えるか、液滴の状態に燃えるかの差といえる。燃料を気化した状態で燃やせれば、PM の残らない完全燃焼が実現できる。この差を新エィシーイー代表取締役常務で研究部長の青柳友三氏は「ろうそくの燃え方と、ガスの燃え方の差」と表現する。ガスのような気体燃料を燃焼させれば、ろうそくのようなすすは出ない。こうした燃え方を目指すのが予混合燃焼だ。

未規制時代のディーゼルも予混合燃焼と呼ばれていたが、燃料を噴くタイミングはクランク角にしてせいぜい上死点前 10 ° ~ 15 ° 程度。予混合燃焼といっても、実際には噴射した燃料が完全には気化せず、液滴の燃料が残った状態で着火していた。このため実際の燃焼では予混合燃焼と拡散燃焼とが同居しており、PM の排出が多かった。

これに対し新エィシーイーが検討している新しい予混合燃焼は、上死点より 100 ° 前後も前に燃料を噴くのが大きな違いだ。燃料が気化するのに十分な時間が確保でき、ほぼ完全に近い予混合燃焼が実現できる。

この燃焼の大きな特徴は、PM だけでなく、NO<sub>x</sub> も大幅に減らせることである。実験値では NO<sub>x</sub> の排出量を 1/10 から 1/100 に減らすことが可能だという。従来燃焼では、液滴の燃料が火炎を上げて燃える。こうした燃焼形態では局部的に燃焼温度が非常に高くなり、大量の NO<sub>x</sub> を排出する。これに対し予混合燃焼では、燃料が気化して空気中に均一に分布しているため、燃焼火炎は発生せず、局部的に燃焼温度が上昇することがない。これまでの常識を覆した燃焼方式である。同社はこの予混合燃焼方式を特に「PREDIC (PREmixed Lean Diesel Combustion)」と呼んでいる。

出力の向上が課題

ただし、PREDIC を実用化するにはまだ多くの課題が残っている。最大の問題は、まだ得られる出力が低いこと。出力を上げるために、噴射する燃料の量を増やしていくと、燃料が気化し切れず PREDIC が実現できなくなるためだ。このため、負荷の低い走行条件にしか、まだ適用できない。

噴射する燃料の量を増やすのに合わせ、ターボチャージャーによる過給圧を上げて吸入空気量を増やすと、燃焼室内の温度上昇が早くなり、上死点前で燃料が点火してしまうという問題も起こる。こうなると、燃焼圧力が有効に駆動力に変換されず、燃費が悪化する。これに対しては、EGR (排ガス再循環) の量を増やすことである程度対応できることを確認している。

出力が低いことに対するもう一つの対処法として新エィシーイーでは PREDIC で燃焼させた後、もう一度シリンダ内に燃料を噴射する 2 段燃焼〔同社は「MULDIC (Multiple Stage Diesel Combustion)」と呼んでいる〕方式も検討している。ただ、こうすることで PREDIC よりも NO<sub>x</sub> の排出量は増える。

CO や HC の排出が通常のディーゼルより増えるのも難点だ。これは壁面近くの混合気が冷却されて、不完全燃焼を起こすためと考えられている。このほかにも PREDIC は、解決すべき多くの問題を抱えている。だが、NO<sub>x</sub> を劇的に減らす魅力は捨てがたい。新エィシーイーでは、今後も実用化のための検討を続ける方針だ。

#### 上死点後に予混合燃焼

開発途上の PREDIC に対し、予混合燃焼を部分的に取り入れて実用化した例は既にある。日産自動車が 1998 年 6 月にミニバン「プレサージュ」に搭載して実用化した排気量 2.5L・直列 4 気筒の直噴ディーゼルトーボエンジン「YD25DDTi」エンジンである。日産はこのエンジンに「M-Fire 燃焼」と名付けた予混合燃焼方式を採用した。

予混合燃焼を実現するには、噴射した燃料にすぐ火が付かないよう、燃料が気化するための時間を確保する必要がある。これを「着火遅れ時間」と呼ぶ。PREDIC では、上死点のかなり前に燃料を噴射することによって着火遅れ時間を確保している。

これに対し日産の予混合エンジンは、上死点の前ではなく、上死点を過ぎてから噴射を始める。燃料は燃焼室温度がピークを過ぎてから噴射することになる。加えて日産は、最大で吸気の半分以上という非常に大量の EGR を行う。この「噴射時期の大幅な遅延化」と「大量 EGR」によって燃料が気化するための着火遅れ時間を確保し、予混合燃焼させるのが M-Fire 燃焼である。

この方式を使えば、燃料を気化させるため PREDIC と同様に火炎が見えない燃焼を実現できる。このため PM が大幅に減る。大量の EGR を実施する効果で燃焼温度が下がり、NOx の発生も抑えられる。第 1 世代の M-Fire 燃焼では NOx 排出量で 35 %、PM の排出量は 60 % 減らすことができた。大量 EGR の効果で燃焼の立ち上がりが緩やかなため、騒音も低い。

ただし同方式には、ピストンが下がり始めてから燃焼のピークを迎えるため、爆発力を無駄なく駆動力に変換するのが難しいという懸念がある。この無駄が大きくなれば、燃費が悪化する。これについて日産は、実際には従来の直噴ディーゼルと同等水準の燃費は確保できているとしている。燃焼温度が低いので、熱損失が抑えられるためだという。

#### 第 2 世代は運転領域を拡大

もう一つ、従来の M-Fire 燃焼には大きな課題があった。それは、PREDIC 同様、出力を上げるのが難しいことだ。エンジンの発生する出力が上がるにつれて排気温度が上昇し、EGR ガスの温度も上昇するため予混合燃焼を実現するのに必要な着火遅れ時間を確保できなくなってくるのだ。このためエンジン出力の必要な中・高負荷走行領域では燃焼を従来の拡散燃焼に変えていた。

このため日産は、M-Fire 燃焼の範囲を広げた第 2 世代の M-Fire 燃焼採用エンジンを開発、SUV（スポーツ・ユーティリティ・ビークル）の「エクストレイル」（欧州仕様）に採用した。排気量 2.2L・直列 4 気筒直噴ターボディーゼルエンジン（図 5）で、2001 年秋から搭載を始めている。

これが実現できた第 1 のポイントは、EGR ガスを冷却する EGR クーラと組み合わせたこと。同時に圧縮比も従来の 17.5 程度から 16 程度まで下げた。どちらも燃焼温度を下げるのが狙いだ。さらに、従来の M-Fire 燃焼エンジンでは、燃料噴射システムに列型ポンプを使っていたが、第 2 世代では燃料噴射の自由度が高いコモンレール式噴射システムを搭載した。こうした改良によって、中負荷域まで M-Fire 燃焼が可能となり、「第 1 世代の M-Fire 燃焼では通常走行の 5 割程度しかカバーできなかったが、第 2 世代では 8 ~ 9 割はカバーできるようになった」（日産自動車総合研究所動力環境研究所主任研究員の木村



修二氏)。ただし欧州仕様のエクストレイルに搭載したエンジンでは、インタクーラの能力の制約などのために、まだこの水準には達していないという。

半面、圧縮比を下げても燃焼温度を低くすると、HC の排出量は増える。これに対処するため、後処理装置として酸化触媒を組み合わせることを前提にしている。ただし、ディーゼルエンジンはガソリンエンジンに比べて排ガス温度が低く、エンジン始動時は触媒の活性化が遅い。このためエンジン始動時の HC 対策が課題になる。これに対しては空気と燃料の比率を精密に制御することで対処した。

圧縮比を下げると燃費が低下しそうな感じがするが、日産の木村氏はそれを否定している。圧縮比を上げると理論的な熱効率率は上がるが、高圧に耐えるためにエンジン各部の強度を上げなければならず摩擦などの機械損失が増える。燃焼温度が上がるため冷却損失も増える。こうした損失があるため、実際のエンジンで最も燃費が良くなるのは圧縮比 14 ~ 15 程度だという。ただしここまで下げると燃焼室の温度が上がらず、冷間時の始動性が低下する。このため現在は 16 程度とした。

#### 実験室レベルでは ULEV 達成も

さらに日産は、この第 2 世代の M-Fire 燃焼技術と開発中の技術を組み合わせ、近い将来どの程度までディーゼル車の排ガスをクリーン化できるかを評価している。具体的には、第 2 世代の M-Fire 燃焼に、可変ノズルターボチャージャと EGR 弁を最適に協調制御する技術を組み込み、後処理装置として酸化触媒と DPF (Diesel Particulate Filter)、NOx 吸蔵還元触媒を装着、さらに硫黄含有量が 10ppm と極めて低い燃料を使った。

この結果、NOx の排出水準をガソリン車では最高レベルの北米 ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) 基準並み、PM の排出では ULEV 基準の 1/10 に抑えられたという。まだ全負荷領域でこれだけのクリーンな燃焼を実現できるわけではなく、DPF や NOx 吸蔵触媒も再生処理を伴わずただ取り付けた、という条件で測定した値なので、この成果が即実用車に適用できるわけではない。だが、ディーゼルでも今後の開発努力によってガソリンエンジン並みのクリーン化の可能性があることを、今回の成果は示しているといえる。



[ 図 5 ] 日産自動車「エクストレイル」の欧州仕様車に搭載されている排気量 2.2L の直噴ターボディーゼルエンジン「YD 22DDTi」。第二世代の「M-Fire」燃焼を取り入れている



## 後処理装置（１）

： 必須になる後処理，還元剤の選択がカギ

2005 年から始まる排ガス規制強化に対応するには，エンジンの改良に加えて後処理装置の追加が不可欠だ。従来の後処理装置は主に PM を減らすことに焦点を合わせ，NO<sub>x</sub> の低減はエンジンに任せていた。しかし，新規制に対応するにはそれだけでは足りない。現在開発が進んでいる後処理装置は PM の低減だけではなく，より難しい NO<sub>x</sub> の低減に焦点を合わせている。

去る 3 月 20 日，注目すべき発表が行われた。トヨタ自動車の低公害ディーゼル乗用車を使った公道実験を実施することを，東京都が明らかにしたのだ。実験に使う車両はトヨタが欧州で発売している中型乗用車「アベンシス」のステーションワゴンタイプ。これにトヨタが開発中の「DPNR ( Diesel Particulate-NO<sub>x</sub> Reduction System )」と呼ぶ後処理装置を装着する。この車両を使った公道実験の目的は，「新技術の開発と早期導入の実現可能性について評価すること」(東京都)である。

トヨタは同車両で今年から欧州でも公道試験を始めることを発表しており，2003 年の実用化を目指している。内外での公道実験は，DPNR を実用化するための最終ステップとなるだろう。

同社は DPNR の初期浄化性能として，NO<sub>x</sub>，PM とともに約 80 %という高い比率での低減が可能だとしている。だが，これを実車に搭載した場合に NO<sub>x</sub>，PM の排出量をどの程度まで削減できるかは不明だ。ただ，いくつかの事実からある程度推定はできる。

2001 年 10 月から開催された「第 35 回東京モーターショー」に同社は，コンセプトカー「ES3 (イーエスキュービック)」(図 6)を出展した。「Yaris」用の排気量 1.4L の直噴ターボディーゼルエンジンに無段変速機 (CVT) を搭載したもので，アルミや樹脂を多用した車体の軽量化と相まって，47km/L という低燃費を実現している。

出展の際に同社は，このディーゼルエンジンに DPNR を組み合わせることで，排ガス中の有害成分をガソリン車の「優-低排ガス」と同等水準まで抑えられると説明した。このコンセプトカーは燃料消費量が極端に少ないので，当然，有害物質の排出量も少ない。だが，燃料消費量が 3 倍になったとしても，有害物質の排出量は平成 12 年規制の 1.5 倍程度にとどまり，一昔前のガソリン車 (昭和 53 年規制適合車) よりはかなりクリーンであることが分かる。このデータから見て，DPNR を取り付けたアベンシスは最新のガソリン車並みの排ガス浄化性能を実現している可能性が高い。

NO<sub>x</sub> の低減が可能に

DPNR は分類上，NO<sub>x</sub> 吸蔵触媒に属するディーゼルエンジン用後処理装置である。そもそもディーゼルエンジンの後処理装置としては，酸化触媒，DPF ( Diesel Particulate Filter )，NO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒，尿素[ CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> ]による NO<sub>x</sub> 還元触媒( urea-Selective Catalytic Reduction : SCR ) の四つがあり，酸化触媒と DPF は PM の低減を狙ったもの，NO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒と SCR は，NO<sub>x</sub> の低減を狙ったものと位置付けられる。

酸化触媒は，PM に含まれる炭化水素成分を酸化し，CO<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に転換する。ただし，PM

に含まれるすすの成分の低減にはほとんど貢献しないため、PM 全体の低減率は数十%程度。欧州のディーゼル乗用車は PM の低減のためにほぼ標準的に装着している。一方、国内では主にディーゼルトラックの後付け用に使われている。

一方の DPF は、セラミックス製のフィルタで PM をこし取るというもの。PM の低減率は 80 %以上と高いが、そのまま放っておくと目詰まりを起こすという難点がある。このため、たまった PM を適度な間隔で燃焼させ、目詰まりを取り除く必要がある。

燃焼の方法として、従来はヒータを DPF に内蔵し、定期的に加熱するという方法が検討されていた。しかし燃焼温度の制御が難しく、DPF が割れたり、溶けたりして耐久性を確保するのが難しいという問題があった。

このため現在は、DPF の表面に触媒を担持しておき、排ガスの熱によって PM を触媒燃焼させる「連続再生式」と呼ばれるものが主流になっている。現在世界で唯一の DPF の実用例はフランス Peugeot 社が一部の高級車に搭載しているもの。日本では最近になって、既存トラックの後付け用途向けに商品化が始まった。 注：参照 A (28ページ)

これら従来からある後処理装置に対し、NO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒や SCR は、最近登場してきた技術で、製品が登場するのはこれから。だが、実用になれば従来難しいとされてきた NO<sub>x</sub> の後処理が可能になる。こうした新技術と酸化触媒、DPF、それに排ガス対策を施した改良型エンジンを組み合わせることで NO<sub>x</sub> と PM の両方を大幅に低減することが可能になりそうだ。

#### PM と NO<sub>x</sub> を同時低減

こうした NO<sub>x</sub> 低減技術の中で、DPNR は他社では別体にするのが多い NO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒と DPF を一体化し、PM と NO<sub>x</sub> の同時低減を狙ったところに特徴がある。NO<sub>x</sub> を酸素過剰な雰囲気中で還元するのではなく「一時的に吸蔵する」ことで NO<sub>x</sub> を低減する。その構造は通常の DPF と同じ多孔質のセラミックス製の構造体に、もともとは希薄燃焼ガソリンエンジン用として開発された NO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒を担持させたものである。(図 7)

DPNR の表面には、三元触媒としての Pt と、NO<sub>x</sub> を吸蔵する材料の 2 種類を担持させる。通常のディーゼルエンジンは、排ガス中の酸素が多い。この状態で排ガス中の NO は Pt によって酸化されて NO<sub>2</sub> となり、NO<sub>x</sub> 吸蔵材に吸蔵される。

NO<sub>x</sub> が吸蔵材にある程度吸蔵されると、エンジン側で燃料の噴射量をわざと過剰にし、排ガス中に酸素が残らず、CO、HC が存在するようにする。この HC や CO を還元剤として 3 元触媒が NO<sub>x</sub> 吸蔵材に吸蔵した NO<sub>2</sub> を還元、N<sub>2</sub> とする。同時に CO と HC も酸化し、CO<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に変える。

一方 PM の浄化メカニズムは次のようなものだ。PM のうち、特にすすの成分は酸化触媒では酸化しにくい。この DPNR では、排ガス中の NO が Pt で酸化される過程で発生する活性酸素によって PM の酸化を促進し、比較的低い温度域でも PM 中のすすが酸化できるという。

このように DPNR は、これまでディーゼルでは難しいとされてきた後処理装置での NO<sub>x</sub> と PM の同時低減を可能にしたという点で注目すべき手法だ。ただし、実用化に当たってはいくつかの前提条件がある。

一つは、DPNR を既存のエンジンに後付けすることはできないこと。DPNR で処理できる NO<sub>x</sub> や PM の量には限りがあるため、エンジン単体でかなりクリーン化を進めなければならない。しかも吸蔵した NO<sub>x</sub> を還元するために、還元剤としての燃料の噴射タイミング、噴射量を精密に制御する必要がある。このため DPNR に組み合わせるエンジンは電子制御コモンレール噴射システムを持った最新のものでなければならない。

もう一つは硫黄濃度が 50ppm 以下の低硫黄軽油しか使えないことだ。欧州ではこうした低硫黄軽油が既にドイツ、英国、スウェーデンなどの一部で供給が始まっている。ただし、欧州全体で供給が義務付けられるのは 2005 年から。日本でもようやく 2003 年 4 月から、東京近郊など一部の地域で供給が始まる段階で、まだすべての地域で使えるわけではない。

さらに、DPNR は燃料を「還元剤」として使うので、燃費が多少下がる。トヨタの方式でどの程度の燃費が犠牲になるかは不明だが、一般に燃料を還元剤に使う後処理装置では 3 ~ 7 % 程度は燃費が悪化するようだ。

#### 尿素で NO<sub>x</sub> を還元する

こうした燃費の低下を嫌って、特に欧州で大型トラックへの導入の準備が進められているのが、もう一つの NO<sub>x</sub> 低減用後処理装置である SCR だ。SCR は尿素を加水分解して得られるアンモニアによって、酸素過剰雰囲気中でも選択的に NO<sub>x</sub> だけを還元する。DPNR と異なり、PM の浄化には別の対策が必要だ。

この手法は、もともと工業プラントなどで行われている手法で技術的には確立されている。また前述の燃料を還元剤に使うタイプに比べると、尿素の噴射量の制御がそれほど精密でなくて済むというメリットもある。

もちろん、燃料を還元剤として使わないので燃費の悪化も抑えられる。尿素は必要になるわけだが、非常に安価な材料なので、ランニングコストの増加は燃料を還元剤に使うタイプに比べて低くて済む。こうした利点が評価され、すでに欧州では大型トラックの NO<sub>x</sub> 対策の本命として、導入に向けて準備が本格化している。

ただしこの方式にも問題はある。最大の課題は、尿素を供給するインフラをどうやって構築するかということだ。また、インフラを構築したとしても、ドライバーがきちんと補給しなければこのシステムは機能しない。尿素が切れたらエンジンが停止するくらいのことをしなければ、補給しないドライバーが続出するのではないかと見る向きさえある。加えて、SCR 自身の耐久性も、まだ評価を重ねなければならない。

いずれにせよ、日本ではまだトラックメーカー各社が導入のための基礎的な検討を行っている段階で、欧州に比べて大きく出遅れている。

#### 尿素の補給が問題

現在検討されている SCR システムの標準的な姿は、三菱自動車工業が 2000 年秋に開催された「第 34 回東京モーターショー」に出展した SCR システム（図 8）に見ることができる。

前述のように、SCR システムは PM の浄化機能を持たない。このためこのシステムでは、SCR の前に DPF を置いた構成としている。DPF と SCR の間に、尿素水溶液を排ガス

中に噴射するスプレー装置がある。

一般に尿素水溶液の濃度は 32.5 %，噴射量は燃料の 4 % 程度である。尿素は加水分解されてアンモニアになり，NO<sub>x</sub> を還元して N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O になるので，もし尿素を過剰に噴射するとアンモニアが排出され，悪臭の原因になる。

SCR では一般に NO<sub>x</sub> の 70 ~ 80 % が還元できるようだが，排ガス温度が低いと触媒の性能が低下し，これに伴って NO<sub>x</sub> の浄化率も低下する。特に走行速度が 60km/h 以下になると厳しい。

この問題に対し，いすゞ自動車は，SCR の前に酸化触媒を配置すると排ガス温度が低くても NO<sub>x</sub> の浄化率が向上することを見いだした<sup>1)</sup>。これは排ガス中の NO が酸化触媒で酸化されて NO<sub>2</sub> に変化するためという。SCR では NO よりも NO<sub>2</sub> のほうが低温で反応しやすいため浄化率が上がるわけだ。ただ，こうした対策を考慮に入れても低速域での NO<sub>x</sub> 浄化率の低さは，日本の交通事情を考慮すると依然として課題として残る。

ただ，エンジン本体で NO<sub>x</sub> を低減しようとする場合，難しいのは高負荷領域。こうした領域では排ガス温度が高いため SCR は有効に働く。エンジンの改良と相補う技術として SCR の利用価値は高い。

もし 2005 年に実施される予定の新長期規制にこの技術を応用しようとするなら，インフラ整備の問題には今から着手しなければ間に合わない。こうしたインフラ整備の問題はメーカー側の問題というよりは行政の問題であり，SCR を使うにしろ，使わないにしろ，決断のための時間はあまり残されていない。

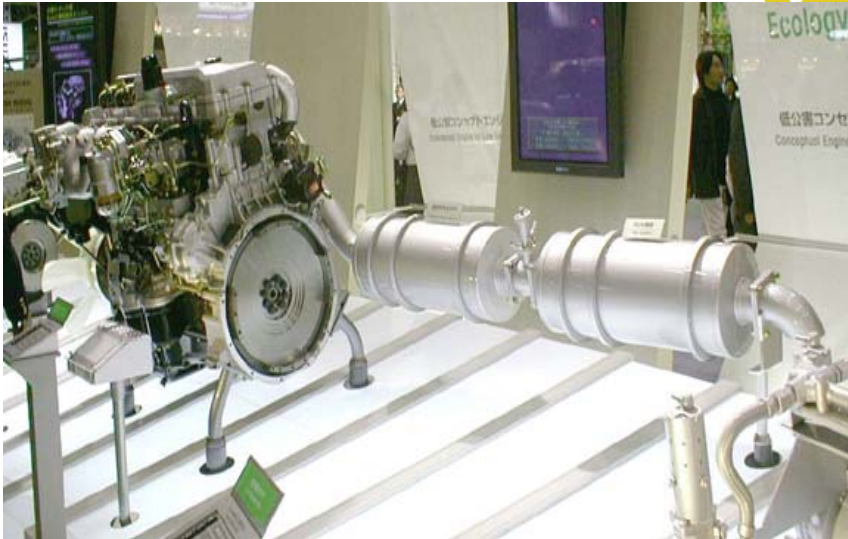


[ 図 6 ] トヨタ自動車のコンセプトカー「ES3」。ディーゼルエンジンと CVT を組み合わせて 47km/L という低燃費を実現したうえ，ガソリン車の「優-低排出ガス」レベルの排ガスクリーン化を実現した





[ 図 7 ] DPNR の外観。トラック用



[ 図 8 ] SCR システムの例 三菱自動車  
が 2000 年秋の「第 34  
回東京モーターショ  
ー」に出展したもの

## 後処理装置 (2)

：既存車両にも搭載，NO<sub>x</sub> を浄化できるタイプも

既存車両でも重要

こうした，今後の規制強化をにらんだ後処理装置の開発と併行する形で，既存車両に装着できる後処理装置の検討も進んでいる。ディーゼル車の排ガス対策を考えると，既存車両の対策を忘れるわけにはいかない。大気汚染問題のかなりの部分は，排ガス規制の緩い時代のトラックの代替がなかなか進まない点にあるからだ。

東京都ではこの問題に対処するため，2003 年 10 月以降，PM の排出量が最新のディーゼル排ガス規制に適合していない車両は走行できなくする「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例」を導入する。

古いトラックがこの規制に対応できるように東京都は、民間企業 6 社（トラックメーカーの純正品を除く）の DPF や酸化触媒を条例に対応する製品として指定している（2002 年 1 月 15 日現在）。これらの指定装置を付ければ、古いトラックでも条例施行後に都内を走行できる。

ところがこれらの指定装置は平成 6 年規制適合車以降向けのものや路線バス向けが多く、PM が未規制だった時代の車両に搭載できるものは 2 社しかない。このうち 1 社は、DPF にたまった PM を自動車が走っていないときに燃焼させたり、フィルタを交換したりする方式で、1 日の走行距離が 200km 以内程度まで、という制約条件が付く。

つまり、PM 未規制時代の車両に広く適合できるシステムを製品化している企業は、現在のところ東京濾器の 100 % 子会社で排ガス浄化装置関連製品を手がけるユニバーサルキャタシステムズ（以下ユニキャット）1 社しか残らない。

#### 酸化触媒と DPF を組み合わせる

ユニキャットのシステムは、「硫黄の濃度が 50ppm 以下の低硫黄軽油を使う」という制約条件はあるものの、排気量 3.0L から 24.0L 程度までのほぼすべてのトラック、バスに使える。東京都の指定内容を見ると平成元年規制以前の車両については「主として高速道路を走行する車両」という条件がついているが、同社によれば「この条件は近々外れる予定」で、走行条件は特に制限されないとしている。

こうした古いトラックに適合するシステムが少ないのは、PM の排出量が多く、DPF がすぐ詰まってしまうためだ。これを回避するために、ユニキャットのディーゼル車用排ガス浄化装置「UCS」（図 9）は、酸化触媒と DPF を組み合わせた構造になっているのが大きな特徴だ。DPF の表面にも酸化触媒を担持しており、DPF に捕集された PM は排ガスの温度で酸化反応を起こして燃焼する。この 2 段構造を導入することで、PM 排出量の多い既存車両に取り付けても DPF が目詰まりを起こさないようにしている。

DPF の前に酸化触媒がある理由は、DPF での PM の酸化反応を促すためである。酸化触媒では排ガス中に含まれる NO が酸化され  $\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}$  という反応が起こる。このときに発生する活性酸素（O）が、DPF での PM の酸化を促す。

この 2 段構成と独自触媒の採用によって、通常触媒が活性化しにくいといわれる低速走行においても 80 % 以上という高い PM の浄化率を達成している。触媒燃焼では取り除けない軽油のアッシュ分が堆積して DPF での背圧が上がってくると、バルブを切り替え、DPF に排ガスを通す方向を逆にして堆積したアッシュ分を取り除くような構造になっている。

万が一、排ガスを逆流させても取り除けないような DPF の詰まりが生じた場合には、バルブの切り替えで、排ガスが DPF をバイパスして通るようにした。UCS の価格は、組み合わせるエンジンの排気量に応じて 60 万円、80 万円、100 万円の 3 種類がある。取り付けに当たっては車両の重量に応じて 30 万円あるいは 40 万円を限度に半額を東京都が補助する制度がある。

#### 後付け装置で NO<sub>x</sub> を低減

東京都の条例は PM の低減だけを求めているのに対し、国が今後導入しようとしている

大都市圏の排ガス規制「NO<sub>x</sub>・PM法」ではNO<sub>x</sub>とPMの両方の排出基準を定めている。都の条例には後付け装置でも対応できるが、NO<sub>x</sub>・PM法に対しては買い替えしか手段がないというのがこれまでの常識だった。この常識を覆したのがエスアンドエスエンジニアリング（以下S&S）が開発したディーゼル排ガス浄化装置「デュエットバーンシステム」（DBS）である。

このシステムは、燃料を燃焼室に噴射する際に水と乳化剤を混合し、エマルジョン化して噴射するエマルジョン燃料装置と、独自開発のDPFで構成する。燃料に水を混合して噴射することで燃焼温度を下げ、NO<sub>x</sub>を減らす。噴射する燃料粒は水の周りを燃料がくるんだような状態になっており、燃焼室内で燃料粒で加熱されると中心の水が瞬時に蒸発、燃料が微粒化する。このため燃料が完全に燃焼し、PMの排出も減るといふ。

#### 耐久性を検証

こうした水エマルジョンを応用する試みは古くからある。だが、燃料に水が混じっていると始動性が悪化する、水で燃料系統が腐食するなどの理由から、実用化された例はまだない。

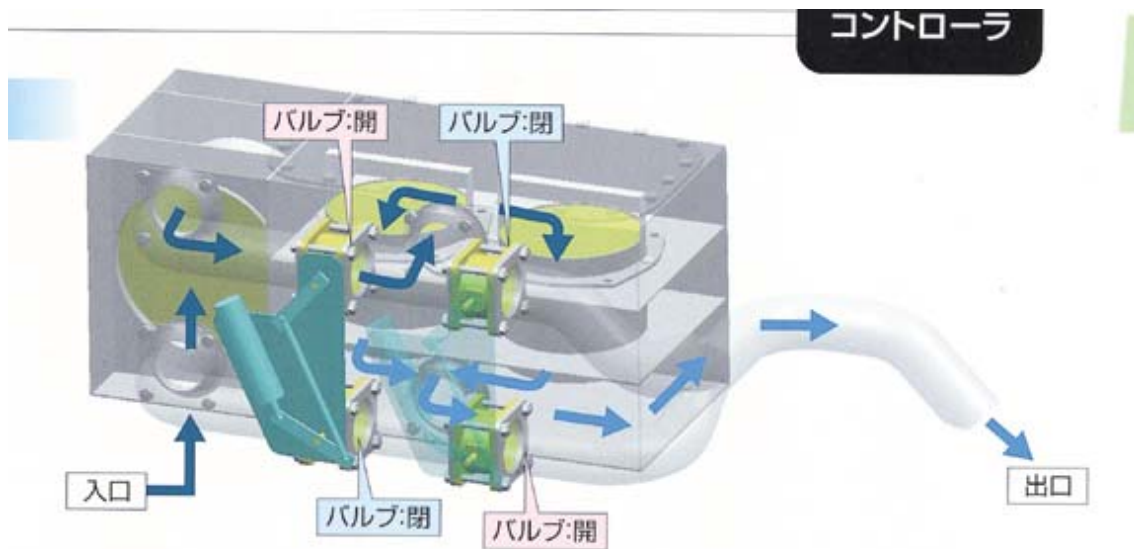
今回S&Sは水を燃料に混合する比率を走行条件に応じてきめ細かく制御するコントローラを開発したほか、燃料系統も、エンジンを停止する前には必ず燃料系統に燃料だけを通すようにして水が残らないように配慮している。

これに独自開発のDPFを組み合わせる。このDPFは天然石を溶融・発泡させた材料に卑金属系の触媒を担持したもの。これによってPMの最大98%、NO<sub>x</sub>の65%を除去できるとしている。

実績のないシステムだけに耐久性が懸念されるが、このシステムを観光会社のイーグルバスの観光バスに搭載してこれまでに2万3000km余りを走行した実績がある。実走行での評価は現在も継続中である。

DBSはまだ都の指定を受けていないが、S&Sの桜井真一郎社長によれば今後指定を取得したいという。一方NO<sub>x</sub>・PM法は、公的な研究機関の測定データを提出すれば個別に認可する方針だが、小規模な企業だとその手間はなかなか掛けられない。

景気が冷え切っている現在、トラック買い替え費用の捻出が難しい運送業者は多い。DBSの価格は、量産段階では100万円以下に設定したいとしており、トラックを買い替えるよりはるかに安上がり。国も都のように指定装置を認定するような制度を導入し、その装置を購入して取り付ければ特別の申請作業なしに、NO<sub>x</sub>・PM法の改正後も走行できるようにすべきだろう。



[図 9]ユニキャットのディーゼル用排ガス浄化装置「UCS」。酸化触媒と DPF を組み合わせた構造になっているのが特徴

## 政策

### ：規制強化が急ピッチ，既存車両も対象に

日本では，汚いというイメージが根強く残っているディーゼル車。

だが，今後そのイメージは大幅に改善されるはずだ。まず，排ガス規制の強化が急ピッチで進む。

さらにその先をにらんだ官民共同プロジェクトも始動する。

同時に，従来は網の外だった既存のディーゼルトラックにも規制のメスが入る。

今後必要になるのは CO<sub>2</sub> 削減のためにディーゼル乗用車導入を後押しする政策だ。

排ガスが汚いと風当たりの強いディーゼル車だが，度重なる規制の強化で，少なくとも新車の排ガスは相当クリーンになっている。現行規制である長期規制に適合した最新の大型トラックは，未規制の時代に比べ NO<sub>x</sub> や PM の排出量が 3 割弱まで減った。

今年から施行される新短期規制では，約 2 割まで削減が進む。それで十分ということではないが，少なくともこの規制に適合すれば「排気管から黒い煙が出ることはまずなくなる」(国土交通省)。

#### 世界一厳しい規制へ

その先の新長期規制は 2007 年施行の予定だったが，2 年前倒して 2005 年から導入することが決まった。新長期規制の規制値はおおむね新短期規制値の半分以上とされていたが，実際には PM の規制を大幅に強化し，大型トラックの場合，85 % 減の 0.027g/kWh とする。未規制時代のわずか 3 % 程度だ。PM 削減を大幅強化した分，NO<sub>x</sub> は半減からわず



かに緩め、41%減の2.0g/kWhとしている。

これまで日本の排ガス規制は、光化学スモッグの防止が原点にあり、NO<sub>x</sub>削減を重視してきた。石原都知事がPMの入ったPETボトルを振って見せて以来、日本でもPM削減に対する関心が高まってきたのに対応して従来の姿勢を転換した格好だ。

このうち新短期規制は、大ざっぱに言えば欧州で2000年から実施されているEuro3規制に相当する。そして、2005年施行の新長期規制は、同時期に欧州で実施される次期規制「Euro4」よりもさらに厳しい、世界で最も厳しい排ガス規制になりそうだ。日本に関しては、短期間で急激に規制の強化が進むことになる。

#### 官民で新技術開発に取り組む

新長期規制はまだゴールではない。ディーゼル排ガスをさらにクリーン化するために企業の開発活動を支援する官民共同プロジェクトも始まる。

国土交通省は2001年12月、自動車に起因する大気汚染問題を解決するために設置した「環境自動車開発・普及総合戦略会議」の報告書をまとめた。大気汚染の問題については、ディーゼル車が大きな原因となっていることから、引き続き排ガスのクリーン化を最大の課題と位置付け、「窒素酸化物は2005年から開始が予定されている新長期規制レベルよりさらに1/10以下に低減したゼロに近いレベルを目指すべき」「粒子状物質は、排出ゼロまたはゼロに近いレベルを目指すべき」という指針を打ち出している。

こうした厳しい目標を達成するための技術としては「DME自動車」「次世代ハイブリッド自動車」「スーパークリーンディーゼル車」などを挙げている。DME(Dimethylether)は、天然ガスや石炭など多様な燃料から作り出せる液体燃料で、ディーゼルエンジンをわずかに改造するだけで使え、PMの排出がないことから次世代のクリーン燃料に位置付けられている。

次世代ハイブリッド車は、モータとエンジンを両方搭載し、エンジンの効率の悪い走行条件ではモータで駆動したり、ブレーキ力を回生することによってエネルギー効率向上を図った車両を想定している。主に発進・停止回数の多い都市バスなどに有効な技術と言える(図1)。

最後のスーパークリーンディーゼル車は、電子制御燃焼制御技術にDPFなどの後処理装置を組み合わせるといったもので、いわば現在の技術の延長線上にある。といっても日本のディーゼル車はトラックが主体で市場規模が乗用車に比べて小さく、開発コストの回収は困難。このため国土交通省は2002年度から3年間の予定で、民間企業とタイアップしながら「DME自動車」「次世代ハイブリッド自動車」「スーパークリーンディーゼル車」の試作車をそれぞれ製作、企業の開発活動を支援する予定である。

#### 「乗用車ディーゼル」の視点がない

ただし、この「環境自動車開発・普及総合戦略会議」報告書の提言には不満な点もある。乗用車用ディーゼルについて、全く言及がないことだ。国内では乗用車から出るCO<sub>2</sub>が増え続けていることを問題として指摘しながら、有効な対策を提案できていない。

自動車に起因する大気汚染の問題は二つある。一つは日本で運輸部門から発生しているCO<sub>2</sub>の排出量が増加し続けていること。もう一つは、大都市圏における大気汚染が依然

として深刻であり、NO<sub>x</sub> 発生源として自動車は半分以上を占めることである。しかもそのほとんどがディーゼル車から発生している。

政府は地球温暖化対策推進大綱の中で、1990年から1999年までの10年間で約23%増加した運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量を、2010年までに、1990年比で4%減少させようとしている。運輸部門のCO<sub>2</sub>が増加した最大の原因は、自家用乗用車からのCO<sub>2</sub>排出量が10年間に35%増えたことであり、CO<sub>2</sub>の排出量を抑え込もうとすれば当然ここがターゲットになる。

ところが先の「環境自動車開発・普及総合戦略会議」報告書では、乗用車が排出するCO<sub>2</sub>削減の候補技術として「燃料電池自動車」「水素自動車」「次世代ハイブリッド自動車」などを挙げている。だが、これらの技術ではとても目標達成はおぼつかない。燃料電池自動車や次世代ハイブリッド自動車は、2010年までにCO<sub>2</sub>の排出量に影響を与えるほどの販売台数にするのは難しい。水素自動車にしても、車両コストの早期低減は困難だし、水素補給のためのインフラ整備にも時間がかかる。やはり早期普及の可能性は低い。

そこで浮かび上がってくるのが、ディーゼル乗用車の可能性である。ディーゼル車は燃費が良いのでCO<sub>2</sub>排出量がガソリン車より2~3割減る。同等出力のガソリン車との価格差は15万~20万円あるが、年間1万km程度走行するユーザーなら燃費の差で4~5年もあれば元は取れる。ハイブリッド車や燃料電池車よりもはるかに現実的なCO<sub>2</sub>削減策だ。

ディーゼル車の数少ない弱点である排ガス問題については、2005年の新長期規制が実施されればガソリン車の昭和53年規制適合車よりも、むしろNO<sub>x</sub>は減る。乗用車の何割かがディーゼル車に置き換わったとしても、NO<sub>x</sub>排出量にはそれほど影響を与えないだろう。トラックの排ガス対策が進めば、大気汚染全体としては改善に向かう。

ディーゼル乗用車を一般消費者が積極的に購入したくなるようなインセンティブを政策的に導入することは、大気汚染にはそれほどインパクトを与えず、CO<sub>2</sub>排出量を削減できる、かなり現実的な方法だといえるだろう。

#### 既存車両の排ガスをどうする

もう一つ、最近のディーゼル車をめぐる政策で注目されるのが、既存車両を対象にした規制が初めて導入されることだ。欧州自動車工業会 Director General Tokyo Office の A.N.R.Millington 氏は「欧州から訪れた自動車技術者は、皆日本の道路を走る大型トラックの排ガスの汚さに驚く」という。その背景には大型トラックの買い替えがなかなか進んでいないことがある。

1999年3月時点では、PMの排出が未規制のディーゼル車は登録台数(全国ベース)の実に7割(約440万台)を占めている。しかも、長引く不況を反映して、貨物車の平均車使用年数は年々伸びる一方だ。自動車検査登録協会の調査では、1991年に5.25年だったのが、2001年には7.48年と実に2年以上も伸びている。大型トラック(普通貨物車)に限れば、5.41年から8.15年と3年近い伸びだ。いくら新車の排ガス規制を強化しても、なかなかそれが実際の大気汚染の改善につながらない。

こうした状況を打開するため東京都が導入したのが「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例」である。同条例では、2003年10月以降、現在の最新のPM規制値(長期

規制値，車両総重量 2.5t 超の大型トラックでは 0.25g/kWh) を満たさない車両は東京都内を走行できなくなる。規制を満たさない車両でも，普通トラック（大型トラック）の場合で最初に販売されてから 7 年たつまでは使い続けることができる。この年数を猶予期間と呼ぶが，この期間が過ぎている車両は 2003 年 10 月以降，東京都が指定する PM 除去装置を装着する必要がある。東京都と足並みをそろえるかたちで，同様の規制を千葉県，埼玉県なども導入するほか，神奈川県も導入の検討を始めた。

#### 国も既存車両の規制を導入

ディーゼル車の PM 規制をいち早く導入してきた東京都は，ここにきて国の政策を厳しく非難し始めている。事の起こりはこうだ。地方自治体の動きとは別に，国は 7 都府県の指定地域に「自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における送料の削減等に関する特別措置法の一部を改正する法律」（いわゆる自動車 NO<sub>x</sub>・PM 法）を導入することを決めた。実施時期は 2002 年 5 月（ディーゼルバス，トラックの場合。ディーゼル乗用車は 2003 年 10 月）。この規制は，PM の規制値は新短期規制の半分。加えて，最新の NO<sub>x</sub> 排出基準に適合させることを求めており，内容としては都の条例よりむしろ厳しい。

ところが施行が差し迫った 2001 年 12 月になって，環境省は NO<sub>x</sub>・PM 法の実施を事実上延期すると発表した。2001 年 8 月に実施した一般からの意見募集（パブリックコメント）の結果を考慮し，さらに買い替えの時期が集中するのを避けるための措置としている。この結果，NO<sub>x</sub>・PM 法の実施は，都条例に比べて大幅にずれ込むことになった。

NO<sub>x</sub>・PM 法は実施時期が 2002 年 4 月だから，2003 年 10 月実施の都条例より見掛け上実施時期が早いようだが，実際には違う。都の条例では 2003 年 10 月以降には，猶予期間を過ぎている車両は即日対象になる。

ところが NO<sub>x</sub>・PM 法では，猶予期間を過ぎている車種でも 2002 年 4 月以降に 1 回は車検が通る。つまり実施以降も最大 2 年間は規制に対応していない車両が走行できる。しかも猶予期間は大型トラックの場合，都条例の 7 年に対し，9 年と長い。つまり実質的な実施時期は，もともと都条例より遅かった。

今回のさらなる延期では，規制の実施時期を 2002 年 10 月と半年遅らせるのに加えて，実施時期に買い換えが集中するのを防ぐために車種・車齢に応じて 1～2 年程度の準備期間を設けるとしている。つまり実質的な実施時期はこれまでよりさらに，半年から最大 2 年半伸びることになる。

NO<sub>x</sub>・PM 法の実施が実質先送りとなったことに対し，都は実施時期を元に戻すように，WEB サイトで厳しく抗議している（<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/jidousya/yousei/motome.htm>）。

#### 後付けの NO<sub>x</sub> 処理装置がない

結局，国が NO<sub>x</sub>・PM 法を先送りせざるを得なくなったのは，NO<sub>x</sub>・PM 法に対応する手段が，一般に買い換えしかないと認識されているからだ。古いトラックのユーザーが皆買い換えできるならそれは理想的だが，景気が冷え込み，運送会社の業績が落ち込んでいる中でそれを強制するのは難しいと踏んだのだろう。

国に比べると都は規制の対象を後処理装置でも対応可能な PM に絞り込み，また後処理

装置を使うために必要になる低硫黄軽油の供給を石油会社に働き掛け、後処理装置を購入するユーザーに対して補助制度も設けるなど、国よりもはるかに現実的な政策を展開した。石原都知事のパフォーマンスの派手さとは裏腹に、綿密な計算が働いている。

しかし、NO<sub>x</sub>・PM 法に対応するための後処理技術の存在は、広く知られているとは言いがたい。国が、こうした技術の存在を把握し、広く知らしめる努力をしなければ、買い替えができず廃業するしかない業者が多数出てくることは必至だ。同時に、国は民間企業に対して NO<sub>x</sub>・PM 法に後付けで対応できる装置の開発を呼び掛ける努力をもっと払うべきだろう。

## トヨタ、新開発の 1.4L 用ディーゼルエンジンを展示、部品を徹底して一体化

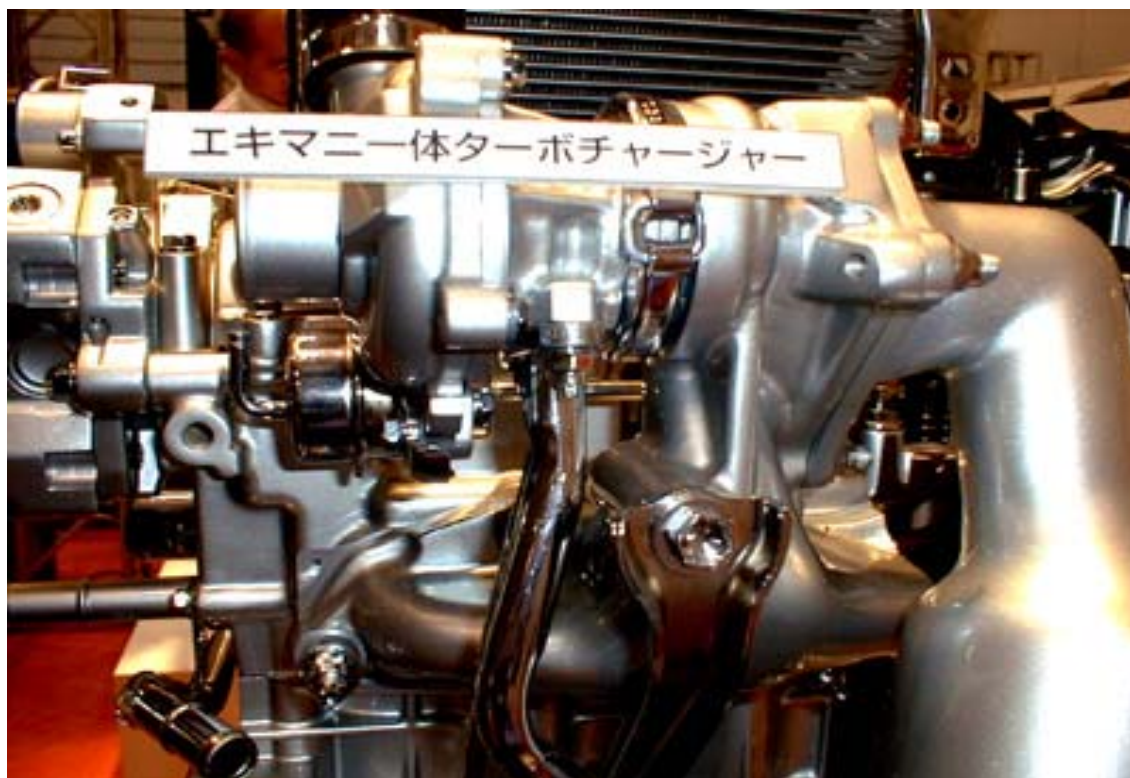
トヨタ自動車は商用車の「プロボックス」「サクシード」に積む排気量 1.364L・直列 4 気筒のディーゼルエンジン「1ND-TV」(図 11)を展示した。特徴は徹底した部品の一体化。排気マニホールドとタービンハウジングを一体の鋳造品とした。(図 10)タービンハウジングは一般に内面を旋削する。タービンハウジングを基準にすると、あんなに大きく偏心した排気マニホールドを振り回して旋削するのか、逆に刃物を回すのか--その辺が興味の焦点。

また、吸気マニホールドはシリンダヘッドと一体の鋳造品。(図 12)ヘッドにはターボチャージャーからくる圧縮空気流路が 1 本だけ入り、ヘッド内で 4 本に分岐する。共鳴吸気、慣性吸気に期待しない過給エンジンだからできたことだ。

シリンダブロックは、ディーゼルエンジンとしてはトヨタ初のアルミニウム合金ダイカスト。シリンダブロックは 1.5L のガソリンエンジン「1 NZ-FE」のボアを縮めて肉厚を増やし、強度を上げたものと考えると分かりやすい。冷却が困難となるボア間にはドリル穴を追加し、高負荷時の壁温を下げた。またピストンリング面圧が高まる点に対してはライナの材質を変更して対処した。これらの結果エンジン質量は 99kg と、同排気量の世界の最新ディーゼルエンジンと比較しても、エンジン質量を 10 %程度低く抑えることができ



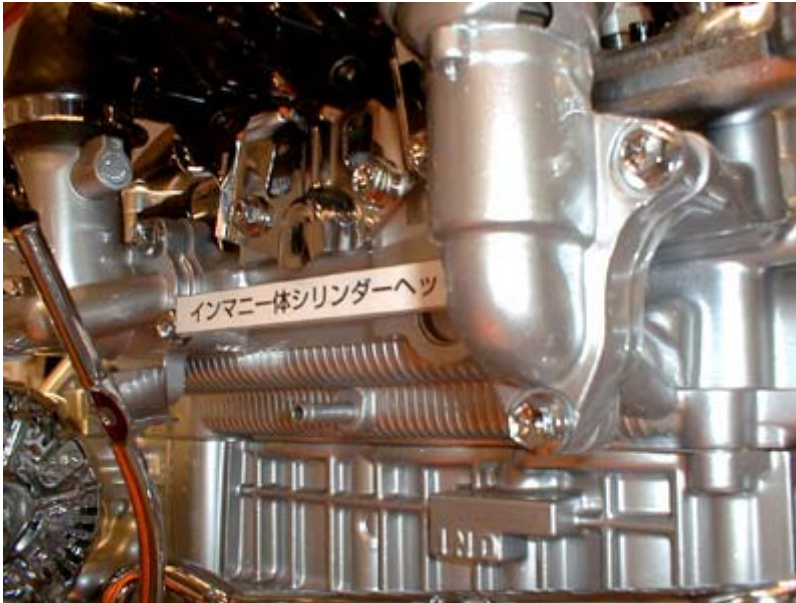
たという。



[図 10]排気マニホールドとタービンハウジングを一体化



[図 11]トヨタの新型ディーゼルエンジン「1ND-TV」



【図 12】吸気マニホールドとシリンダヘッドを一体化

トヨタが「プロボックス」「サクシード」にディーゼルエンジン仕様を設定したワケ

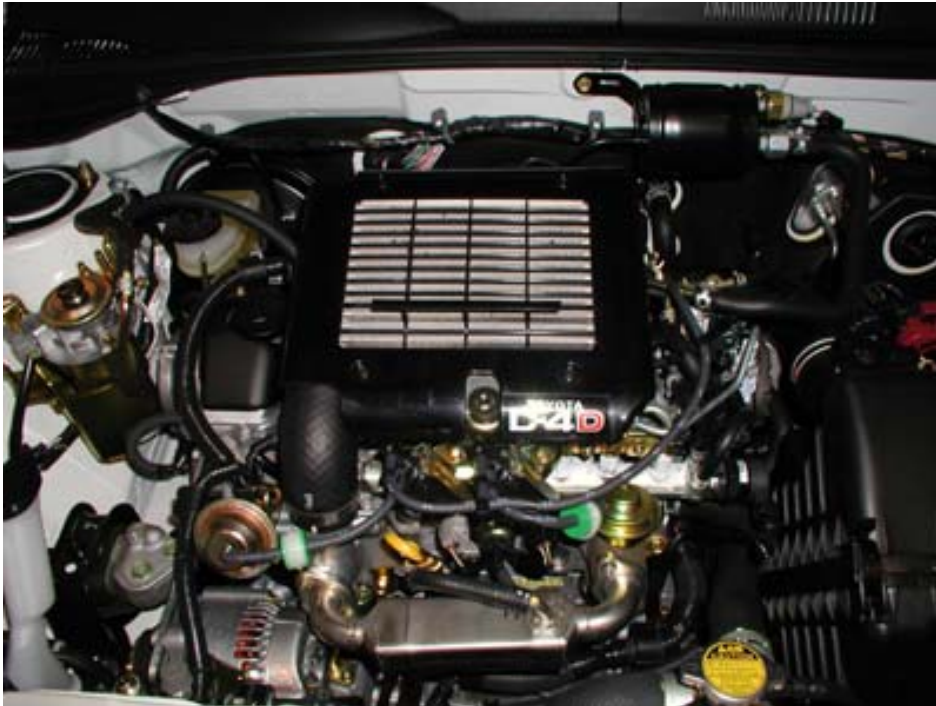
トヨタ自動車は、7月2日に発売した新型商用バンの「プロボックス」と「サクシード」に排気量 1.4L・直列 4 気筒のディーゼルトーボエンジン仕様を用意した。最近トヨタは RV 車系でディーゼル仕様をカタログから落としている。そうした中で、今回はなぜディーゼル仕様を設けたのか。トヨタによれば、決してディーゼルをやめたいわけではないが、消費者にディーゼル車の人気は低く、また排ガス規制の強化も進む中で、コストをかけて排ガス対策をしても、それに対する売上が見込めないということのようだ。

それに対し今回のエンジンは、欧州で「ヤリス（日本名ヴィッツ）」などに搭載している最新エンジンであり、多少の手直しで国内基準にも適合できたことと、従来の「カローラバン」や「カルディナバン」ユーザーで、ディーゼル仕様の保有者がかなりの数に上ることから、今回プロボックスやサクシードにも搭載することを決めたようだ。それでも販売目標台数は月間 390 台と、プロボックス、サクシードを合わせた販売目標である 7000 台の 6% 程度に過ぎない。自動変速機仕様がないのも目標を低く設定した理由という。自動変速機仕様も設定したかったが、排ガス規制をクリアできず断念したとしている。

今回搭載した 1ND-TV エンジン（図 13）は、トヨタの 1.3L ~ 1.5L をカバーするガソリンエンジン「NZ シリーズ」をベースとしたディーゼルエンジンで、トヨタのディーゼルエンジンとしては初めてアルミニウム合金製シリンダブロック、インテークマニホールド一体型アルミ合金製シリンダヘッド、タイミングチェーンによるカムシャフト駆動などを採用した。デンソー製のコモンレール式直接燃料噴射システムは、トヨタとしてはこれまでで最も高い 160MPa という高い噴射圧を実現した。

また EGR（排ガス再循環）クーラや、エンジン直下型の酸化触媒などを装備し、ディーゼル車の新短期規制に適合している。10・15 モード燃費は 23km/L と、1.3L・ガソリンエ

エンジンの 17.4km/L を大幅に上回る。最大出力は 53kW/4000rpm と、1.3L のガソリンエンジン（64kW/6000rpm）より低いですが、最大トルクは 170N・m/2000 ~ 2800rpm と、1.3L のガソリンエンジン（121N・m/4400rpm）の半分程度の回転数で 1.5 倍近いトルクを発生する。価格はグレードにもよるが、1.3L ガソリンエンジン車の同等グレード車より約 27 万円、1.5L ガソリン車より 16 万円高い。



[図 13]プロボックス，サクシードに搭載された排気量 1.4L・直列 4 気筒直噴ターボディーゼルエンジン「1ND-TV」

## いすゞ，ディーゼルエンジン向けに クローズドデッキのアルミシリンダブロックをダイカスト成形

いすゞ自動車はアルミダイカストでクローズドデッキのシリンダブロックを作る技術を開発した（図 14）。スウェーデン SAAB 社の「9-5」向け V 型 6 気筒のディーゼルエンジン（図 15）に採用し、既に納入を始めた。冷却水路の部分を抜く中子として、高圧鋳造の射出圧に耐え、数分後に鋳造熱で自己崩壊する砂中子を開発した。ダイカストメーカーとの共同開発。

一般的な横締め、横射出の 3500t ダイカストマシンを使い、鋳造圧を従来と同じにしたまま射出速度や鋳造条件を管理してスクイズキャスティング並みの物性を与えた。引っ張り強さは約 250MPa、疲労強さは 80MPa 以上。ブロック質量は鋳鉄の鋳くるみライナと球状黒鉛鋳鉄製のベアリングキャップを組み込んだ状態で 39kg。これは 1 クラス下の V6 ディーゼルエンジンに対して 16kg 軽い。エンジン全体で見ても、3.0L クラスで 200kg 強と、完全にガソリンエンジンと同じ範囲に入る。





[図 14]左 いすゞ自動車 が世界で初めて実用化したディーゼルエンジン用でクローズドデッキのアルミダイカスト製シリンダブロック

[図 15]右 いすゞが SAAB 社の「9-5」向けに供給しているディーゼルエンジン

注：参照 A（14 ページ 4 行に関して以下を参照してください。）

## ディーゼル排ガス連続再生式トラップの特許が日本でも成立

したと発表  
ジョンソン・マッセイ・ジャパン・インク（以下ジョンソン・マッセイ）は、同社のディーゼル排ガス用 CRT(連続再生式トラップ)技術が日本でも特許として認められたと発表した。この特許はすでに米国および欧州でも成立している。この技術は、ディーゼルエンジンから排出された NO<sub>x</sub> を酸化触媒によって、より酸化力の強い NO<sub>2</sub> に変換し、この NO<sub>2</sub> によって DPF（ディーゼル・パーティキュレート・フィルタ）にとらえられたパーティキュレート（粒子状物質）を低温で燃焼させてフィルタを再生させる技術。この特許に抵触するかどうかはフィルタに酸化触媒が担持されているかどうかは無関係だという。現在、DPF に触媒を担持することで連続的に再生する技術は日本でも各社が実用化しており、こうした技術はジョンソン・マッセイの特許に抵触する恐れが出てきた。

以上のように、クルクルと猫の眼のように世の中が廻っている。

こう言う時代にこそ私たち KURE メカトロクラブは、新機構・新技術を取り入れたディーゼルを忘れずに勉強する必要があると思います。今後のディーゼルエンジンの動き(変遷)を見つめる事により、次世代ディーゼルに精通出来ると言うものである。

ここで、1 番最初に作った「ディーゼルの逆襲」の中の経路の硫黄分についての原稿を再掲する。要するに、日本のディーゼルの衰退の最大の原因がここに在るからである。

よくよく再度読んでいただきたい。



## <低硫黄分軽油について>

以前月例会で、「日本の軽油はヨーロッパの軽油と比べて汚い」というテーマを取り上げ話をしたのを覚えているだろうか？ その後、軽油の硫黄分の話が新聞などで盛んに取り上げられるようになったけれど、ここにきて具体的な動きも出てきたので最新情報を報告したい。

トップニュースは、ついに「2004年末までに日本の軽油も硫黄分ヨーロッパ並の50ppmにする」と政府が決めたことである。

こうなった流れを紹介しておく。まず東京都はサクッと「2003年10月までに軽油の硫黄濃度を50ppm以下にしろ」という法案を決めてしまった。面白いことに埼玉県や神奈川県、大阪府なども同調。大都市圏に限って言えば50ppm化確定の情勢。石原都知事の実行力たるや素晴らしい！ さすがの政府も黙ってられず、ついに全国で販売する軽油を50ppm化することにしたという寸法です。

実施時期は東京都より1年遅れの2004年末。なぜ政府は煮え切らなかったのか？ 当然のごとくコストの増加を伴うためだ。大量生産すればリッター当たり5円くらいのコスト増で収まるようになるが、値上がりすることは間違いない。となれば政治家に対し多大な影響力を持つ物流&建設団体が黙っていない。強力な圧力を掛けるため、値上げなど無理。KSDの汚職事件など見ても容易に想像付くでしょう。

といった理由から軽油の低硫黄化は遅れ気味となってしまう。ただ日本の石油事情を考えると、低硫黄化はヨーロッパより技術的に難しい。あまり知られていないことだが、日本に輸入されている原油はヨーロッパの北海油田産より質が悪い。いわゆる「重い」のだ。さらに日本では暖房に軽油と極めて近い灯油を多く精製するため、ヨーロッパだと重油に近い油質から軽油を採っている。

したがって現在の500ppm（実際に販売されている軽油の硫黄濃度は平均すると350ppmくらい）にするのも大変だった。さらに10分の1に落とすとなれば、精製設備からして換えねばならない。そんなことから、初期段階では20円ものコスト増になると言われている。その後安くなっていくとは言え、実際に販売されると2003年10月段階でリッター10円高。2004年で5円高くらいになりそう。

さて、50ppmの軽油を導入すれば十分かとなれば、そうでもない。ディーゼルエンジンの排気ガスを完全にクリーンなものとするには10ppm以下でないとダメ。すでにヨーロッパでテスト販売が始まっており、アメリカも2007年に15ppm（実際売られるのは10ppm程度になる）の軽油を導入することを決めている。おそらくヨーロッパもアメリカと歩調を合わせるんだと思う。

日本はどうなるだろうか？ これまた指導力のある政治家が出てくれば簡単に決まるんじゃないだろうか。もし10ppmの軽油が使えるようになったらディーゼルの将来は明るい。専門家曰く「Nox触媒さえ何とかなればガソリンと同じクリーン度の排気ガスになります」そう。ディーゼルエンジンの熱効率も燃料電池に匹敵する。2010年くらいからディーゼルのハイブリッドが主力になっていく可能性極めて高い。

最後に「なぜ硫黄分か」ということを簡単に説明しておく。硫黄分は燃焼すると”スス”になる。硫黄分が多ければ多いほど黒煙を出してしまう。500ppmでは排気ガスを浄

化するための触媒は使えない。硫黄分で触媒がつまってしまうためだ。触媒無しで排気ガスを浄化すること不可能です。ちなみに東京都は今年中に低硫黄の軽油を販売することを決めた。現在の軽油より高くなるが、都から補助も出すそうなので10～15円高でおさまるか？ この軽油使えば、新しい世代のディーゼルだと黒煙減ると思う。

ディーゼル車の排気ガス規制を東京都が行う、と発表した途端、政府の動きは急になってきた。そりゃそうだ。東京都に国の職務怠慢を指摘されようなモン。だってそうでしょ。大気汚染が一向に改善されず、しかも様々な地域で排気ガスを原因とする健康被害出てるのに、政府は対応する気配さえ見せない。環境庁など、無くてもいいと思えるほど。実際、環境庁なんてムダ飯喰いの集まりじゃなかろうか。一度だって「環境庁よくやった！」と評価できる対応していないもの。しかし東京都はそうでなかった。

黒煙に着目し、フィルターを装着しなくちゃならないよう、法規対応しようと動き始めている。黒煙を除去するフィルター、その気になればスクーター一台分くらいのコストで作れるし、黒煙除去効果たるや抜群らしい！未だにフィルターは100～300万円する、と試作品のネダン書いているトンチンカンな新聞もあるけど、あんなもの量産すれば大幅にコストダウン可能。東京都は2003年から段階的に装着を義務づけ（古いクルマから対応させていく）、3年後にディーゼル車から排出される黒煙を駆逐する計画。

当初、反対を表明していた団体（運輸や建設業界など）も、ここにきてトーンダウン。やっぱりお金儲けのために健康被害をもたらす、というのはカッコ悪いこと。さらにカッコ悪いのが、前述の通り政府。東京都に出し抜かれたんだから。こりゃマズイ、と考えたのか、やっとことさ法規改正に向けて動き始めたらしい。内容は2007年から始まる予定の新しい規制（平成20年規制と呼ばれている内容）を2年前倒しし、2005年から施行しようというもの。平成20年規制は、ほとんど排気ガス中に黒煙が見えないレベルの規制を目指しており、まあ評価出来る。

大雑把に表現すると、今の規制より60%くらい改善されるから、トラックの数を半分以下にしたのと同じ効果。同時に軽油の中に含まれる硫黄分を、欧米並みの濃度とする。今は世界トップクラスに低質な軽油なのだ。これまた2年前倒しで実行する予定。ただそれでも経年変化などで黒煙出てしまうと思う。厳しい排気ガス規制だけでなく、さらに東京都のように黒煙フィルターの装着義務づけをしてもらいたい。ちなみに厳しい規制の2年前倒し、メーカーは目立った反対をしていない。対応出来るってことすな。

もしディーゼル車に乗っているなら、なるべく早く下取りに出すことをすすめたい。というのも東京都の石原知事が打ち出したディーゼル規制が、相当の確立で実行されそうな気配になってきたためだ。もしディーゼルの規制を立法化したらどうなるか？ 東京都内で登録しようとするれば、トラックだけでなく乗用車登録のディーゼル車にも黒煙を除去する装置（DPFと呼んでいる。ディーゼル・パティキュレート・フィルターの略）の装着が2003年から義務づけられる。乗用車のDPF、おそらく量産化しても10万円は下るまい。

したがってディーゼル車を手放すユーザーが続出すること確実。東京都だけでなく、都内に乗り入れることまで禁止するそうなので、東京近県のユーザーも手放すことだろう。となれば中古車市場ガタガタ。今ならまだ立法化されておらず、そこまでの騒ぎになることも予想されていない。まあまあ査定を付けてくれるハズ。いずれにしろディーゼル持

っているヒトは、手放すなら早ければ早いほど吉だと思う。

またこの規制に対し、都民は大賛成。業界側は大反発している。業界の言い分はおおよそ三つ。

- 1) DPFはイズズでしか作られておらず、価格も100~200万円する。他のメーカーに合うかどうか不明。
- 2) 規制しても厳しい罰則がなければ誰も守らず、ザル法になってしまうのではないか。
- 3) SPMと呼ばれる大気中の浮遊粒子状物質のうち、ディーゼルから排出されるものは半分程度といわれており、根本的な解決にはならない。

1) については、全くの見当違い。都内のディーゼル車だけで70万台近くもあり、流入してくるクルマを入れれば100万台を軽く超える。これだけのクルマを対象としたDPFを作るなら、大幅にコストは下がるし、いろんなメーカーから製品が出てくるだろう。小型トラック用で30万円前後。大型でも100万円まで掛からない、という情報もあるほど。加えて排気ガスがクリーンな新型ディーゼルであれば、大型トラックであっても小型のDPFで足りる。新しいディーゼル車なら30~50万円の出費で済むだろう。

2) 少なくとも上場企業であれば、社会的に不正は許されない。良心ある企業も対応するだろう。少なくともバスは100%近く対応出来ると思う。若干残ったとする。その場合、尼崎の公害訴訟のように、ディーゼルトラックが大気汚染の原因とされれば、対応してないクルマに対し賠償請求することも可能になる、と法律の専門家は主張する。健康被害に対する賠償金額より、DPF付けた方が安いということになるだろう。その場合、都は装着してないディーゼル車の名義を明らかにするだけで良い。

3) 50%も減れば十分だ。特に幹線道路沿いに住んでいるヒトにとってみれば、ディーゼルからのSPMが大半を占める。それが大幅に減れば健康被害も少なくなるだろう。

見逃してはならないのがディーゼル燃料である軽油に含まれる硫黄分。日本の軽油は先進国で最も不純物が多い。石油会社はいつでもクリーンな軽油に出来ると言っているのだけれど、当然のごとくコスト高に。それは許さない、と大手の軽油ユーザーが文句を付けている。建設や輸送と一枚板である政府は、長年見逃してきた。軽油中に含まれる硫黄分をヨーロッパ並みに低く出来れば、黒鉛もずいぶん少なくできるのだ。

最近、どんどん情勢も変わり1日の事が言えないようである。それくらい状況が変化しているのだ。DPFにしてもそうだ。各メーカーで色々開発した物が発表されるが、その直ぐあとに他メーカーの特許の確定とか。本当に、360度目配り気配りをしてもし足りない時代である。食べ物が悪ければ下痢を起こす。当たり前であろう。経路が変われば、ディーゼルエンジンも必ず息を吹き返す。汚い物扱いされたディーゼルエンジンの逆襲が今から始まるのである。こう言った時代にこそ、我々メカトロクラブは、ディーゼルエンジンの基本から勉強し、次世代ディーゼルエンジンの整備技術を手に収めようではないか！！