

自動車用ディーゼルエンジンの燃焼改善

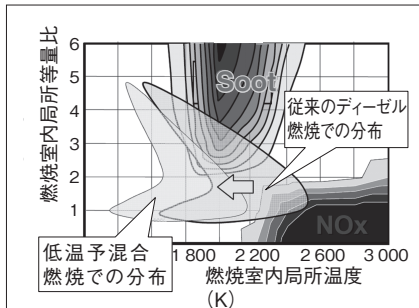


図1 低温予混合燃焼での温度等量比分布

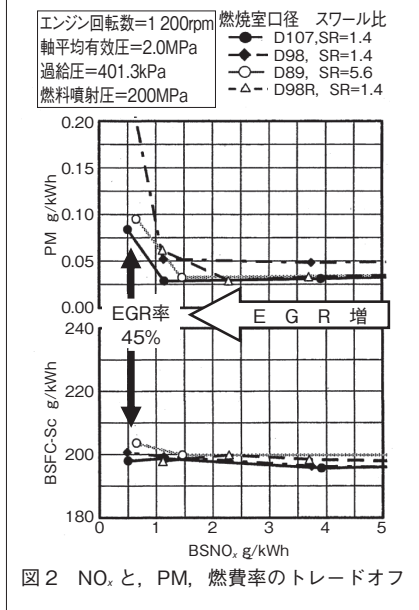


図2 NO_xと、PM、燃費率のトレードオフ

1. はじめに

近年のディーゼルエンジン技術向上には目ざましいものがあり、かつての悪いイメージはかなりふっしょくされてきた。高トルク、低騒音化、排気ガス低減などに高度な技術が適用・実用化されている。本稿では、とくにディーゼルエンジンの排気ガス低減、熱効率向上のための燃焼改善技術について、最近の動向を紹介する。

2. 最近のディーゼルエンジンの動向と課題

近年の性能向上を支える主要な技術として、コモンレール式燃料噴射装置、インタクーラ付VG (Variable Geometry) ターボチャージャ、クールドEGR (Exhaust Gas Recirculation: 排気ガス再循環装置)、高速大容量電子制御装置などをあげることができる。

現行排気ガス規制に適合するうえでこれらの技術はいずれも不可欠であり、現在市販されているディーゼル車両のほとんどに搭載されている。排気ガスのクリーン化に加え、運転性能、静粛性、燃費改良、低CO₂化などで、

大幅な改善を実現している。さらにはPM (Particulate Matter) フィルタ装着により、スモークやPMはほとんど問題ないレベルに低減されている。

今後2009～2015年ころにかけて、さらなる排気ガス低減（とくにNO_xを1/3～1/5にする）と燃費改善（CO₂低減）を求める規制が日米欧いずれでも計画されている。これへの対応として、NO_x低減用後処理装置の導入という選択肢も含めた研究開発が盛んに進められている。エンジン本体では、排気ガス、とくにNO_xとPMの同時低減と、熱効率の改善との両立を目指した燃焼技術の開発が進められている。以下最近のディーゼル燃焼技術についての開発動向を概観する。

3. 低温予混合燃焼

ディーゼルエンジンの排気ガスでとくに問題となるNO_xとSoot (PM中の主成分である) は、それぞれ燃焼室内の局所的な温度と等量比（空燃比の逆数）で生成領域を規定できる。通常のディーゼルエンジンでは、局所的な温度と等量比の分布がこのどちらの領域にも重なるように存在している。図1に示すように、この分布を低温側に移すことで、NO_xとSootの同時低減を狙うのが低温燃焼である。局所温度を下げるために、高EGR率や低圧縮比などにより、燃料の噴射から着火までの予混合時間を長くとることから、低温予混合燃焼とも呼ばれている。燃料噴射後すみやかに着火させる従来のディーゼル燃焼とは大きく異なった概念の燃焼である⁽¹⁾⁽²⁾。

理想的にこの燃焼が実現できると、NO_x、Sootともに次期規制にも十分に適合可能なレベルに低減でき、かつ燃費悪化も少ないことから期待は大きい。以下のような課題の解決が必要である。

- (1) この燃焼の実現可能領域が低負荷側に限られており、領域拡大が必要。
- (2) 高負荷側は従来燃焼とせざるを得ず、燃焼方式の切り替え制御が必要。
- (3) 着火時間が大気条件や燃料特性に影響されるため、補正制御が必要。研究開発が盛んに行われているが、実用化にはもうしばらく時間を要するとみられている。

4. 高過給+高EGR+高圧噴射燃焼

既存技術である高圧噴射+ターボ過給+EGRをさらに高めることで燃焼

改善する狙いである。EGR率を高めるほどNO_xは低減できるが、酸素量の不足によりPMが増加する。過給圧力をより高めることで、必要な酸素量を確保しつつ高EGR率にでき、PM増加の抑制とNO_x低減が可能になる。シリンダ内空気密度が上がるため、燃料噴射圧力はさらに高くして、燃料噴霧の拡散混合を促進する必要がある。

図2では、単気筒試験用エンジンでの試験例である。外部過給装置により4barまで過給しつつ、EGR率を上げた場合のNO_xとPMおよび燃費率のトレードオフを示している。EGR率45%では、全負荷点でもPMの若干の増加で、NO_xは0.5g/kWh程度であり、次期規制に近いレベルである。燃費率の悪化はわずかである⁽³⁾。

これらの条件は現在の車両用エンジンとしては現実離れした設定であり、実用化は一朝一夕にはいかないが、基本的トレンドとしては、より高い過給圧力、より広い範囲でのより高いEGR率、より高い燃料噴射圧力の実現に向けた開発が進められている。

5. まとめ

自動車用ディーゼルエンジンにおける近年の排気ガス低減技術については、一つのオプションとしては後処理装置の導入があり、PMフィルタに続いて、NO_x触媒の実用化が始まっている。本稿ではもう一つのオプションであるエンジン燃焼での改善について、近年の開発動向を概観した。

NO_xとPMを同時低減し、かつ燃費を悪化させないディーゼル燃焼として、「低温予混合燃焼」や「高過給+高EGR+高圧噴射燃焼」があり、基本的な考え方はほぼ固まってきた。排気ガスは大幅な低減が可能であるが、実用化には依然として困難な課題が多い。

(原稿受付 2008年2月1日)

[中田輝男 いすゞ自動車(株)]

●文献

- (1) Sasaki S. ほか, Investigation of Alternative Combustion, Airflow-Dominant Control and Aftertreatment System for Clean Diesel Vehicles, JSAE20077094, (2007-7), 992-1001.
- (2) Watanabe S. ほか, Technologies for Future Clean Diesel Engine, 2007 JSAE/SAE International Fuels and Lubricants Meeting, (2007-7).
- (3) 長田英朗・ほか, 単気筒エンジンによる高過給・広域多量EGRのディーゼル燃焼, 自動車技術学会学術講演会前刷集, No.76-07, (2007-5), 11-16.