

報 文 3

# 長寿命省燃費ディーゼルエンジン油「ディーゼルグランドDX 0W-40」の開発

中央技術研究所 潤滑油研究所 エンジン油グループ よしだ さとる  
吉田 悟



## 1. はじめに

ディーゼルエンジンは、優れた熱効率と高い耐久性を有することから、車両、建機、船舶など幅広い分野で使用されている。反面、排出ガス中の窒素酸化物(NOx)や粒子状物質(PM)が多く、大気環境汚染が大きな問題となっており、日本では、1994年制定の短期規制以降、NOx、PM共に大幅な低減が求められてきた。2009年に導入されたポスト新長期規制では、NOxは1974年の規制値の1/20に、PMは1994年の規制値の1/100になっており、排出ガス規制はここ数十年の間に、大幅に強化された(図1)。

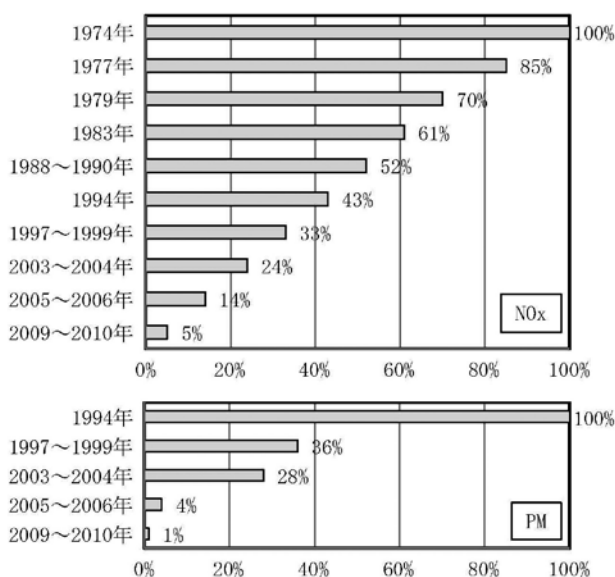


図1 ディーゼル重量車の排出ガス規制強化の推移<sup>1)</sup>

このような背景のもと、ディーゼルエンジンメーカーは高圧電子制御燃料噴射、クールD EGR(Exhaust Gas Recirculation)などによる燃焼改善や連続再生式DPF(Diesel Particulate Filter)、尿素SCR(Selective Catalytic Reduction)、NOx吸蔵触媒などの後処理装置の導入により、排出ガス規制に対応してきた<sup>2)</sup>。ハードによる排出ガス改善がされる中、石油会社に対しても軽油やエンジン油の後処理装置への対応が求められた。軽油中の硫黄分が後処理装置の触媒を被毒するため、軽油中の硫黄分を10ppm以下にまで低

減した。軽油中の硫黄分が少なくなり、相対的にエンジン油中の硫黄分の影響が大きくなったことから、エンジン油の硫黄分低減も実施した。また、PMを捕集するDPFでは、エンジン油の燃焼残渣(灰分)が詰まりの原因となることから、エンジン油の低灰分化を行った<sup>3)</sup>。

こうした技術革新により排出ガスがクリーンになってきた中、大型ディーゼルエンジン車にも、ガソリンエンジン車同様、燃費改善が求められるようになってきた。2005年施行の改正省エネ法では、2015年度までに2002年度対比で、平均12%の燃費改善が求められている<sup>4)</sup>。ディーゼルエンジンメーカーはダウンサイジングなどで対応を行っているが、今後もさらなる燃費改善が求められると想定されており、ディーゼルエンジン油に対しても、後処理装置に対応するとともに、高い省燃費性を有することが求められるようになってきた。

当社では、高粘度指数基油WBASEおよび新規添加剤技術の配合により、連続再生式DPFを中心とした後処理装置に対応しつつ、高いエンジン信頼性、省燃費性、長寿命性を有する「ディーゼルグランドDX 0W-40」を開発、市場投入するに至った。本稿では、ディーゼルグランドDX 0W-40の開発経緯とその性能について報告する。

## 2. 連続再生式DPFの機構と問題点

### 2.1 連続再生式DPFの機構

ディーゼルグランドDX 0W-40の開発経緯を紹介する前に、連続再生式DPFの機構と問題点について述べる。

連続再生式DPFは排ガス管に取り付けられた後処理装置であり、排出ガス中のPMを低減させる装置として、多くの大型ディーゼル車両に装着されている。図2に示すが、連続再生式DPFは、前段に酸化触媒を、後段にパーティキュレートフィルターを有し、後段のフィルターでPMを捕集することで、排出ガス中のPMを低減させる。DPFを継続的に使用し続けるには、フィルターで捕集したPMを適宜除去し、フィルターを再生し続ける必要がある。しかし、PMの主成分であるカーボンを酸素条件下で燃焼させるには、600℃程度の高温が必要であり、通常の運転の排気温度では燃焼させることが出来ない。そこで、前段の酸化触媒で排出ガス中のNOをNO<sub>2</sub>へと酸化し、NO<sub>2</sub>雰

囲気を作り出すことで、200～300℃程度の温度でPMを燃焼、除去することを可能にしている。このような機構を有することで、連続的にフィルターを再生しながら、排出ガス中のPMを低減させることができる。

また、市街地走行のような排出ガスの温度が上がりきらない走行条件では、PMが完全に燃焼されず、フィルター上にPMが堆積する場合もある。PMが堆積すると、フィルター前後での差圧が上昇する。その時の差圧が一定になると、燃料をDPFに吹き込むことによってPMを燃焼させ、フィルターの強制再生を行う機構も有する。

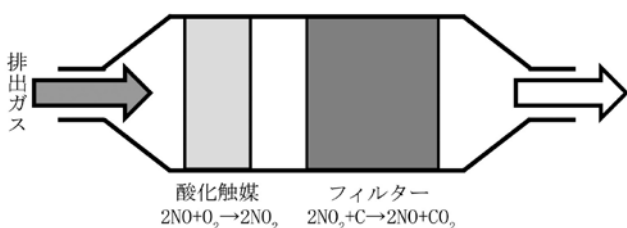


図2 連続再生式DPFの構造

## 2.2 連続再生式DPFの問題点

連続再生式DPFを装着した車両の多くに発生している問題として、エンジン油に燃料が混入し蓄積する「燃料希釈」が挙げられる。前項で述べたが、連続再生式DPFには強制再生のため、DPFに燃料を吹き込む機構を有する。最近の車両では排ガス管内に噴射ノズルを有し、直接DPFに燃料を噴射するタイプのももあるが、多くの車両において燃料の吹き込みは、燃焼室内で燃焼のタイミングからずらした時期に燃料を噴射することで行われる。噴射された燃料は排ガス管を通してDPFへ吹き込まれる。しかし、一部の燃料は排ガス管へ行かず、シリンダ壁に付着しエンジン油に混入する。このようにして、エンジン油内に未燃の燃料が混入し蓄積する現象、すなわち燃料希釈が起きる。燃料希釈は、特に市街地走行を主体とした車両に多く、多い時で20%もの燃料希釈が発生する場合もある。

燃料希釈が生じると、エンジン油の粘度は低下する。図3に、実車試験におけるエンジン油の動粘度の変化を示す。DPFを装着していない車両では、50,000km超の走行においても、ほとんど動粘度の変化は認められない。一方、DPF装着車では、10,000km程度の走行でも極端な粘度低下が起きている車両もあり、多いもので20%以上もの粘度低下が生じている。このように、粘度が過度に低下すると、摺動箇所によっては、十分な油膜を形成することが出来ず、摩耗の原因となる恐れがある。そのため、燃料希釈により過度の粘度低下が発生した場合、エンジン油の劣化具合に関わらず、新油へのオイル交換を強いられる。

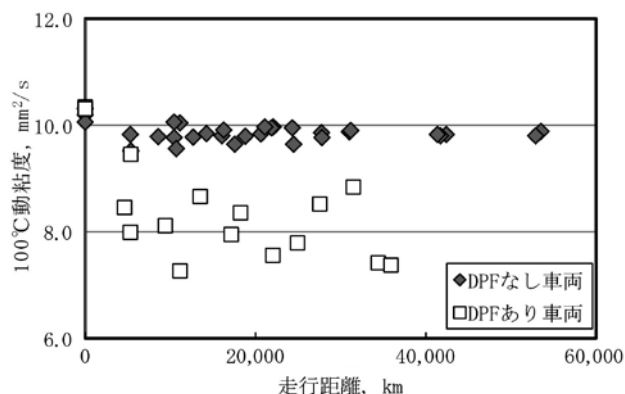


図3 DPFの有無による実車試験での粘度変化

燃料希釈の多い車両では、省燃費性を重視して、10W-30油などの低粘度油を用いると、早期のエンジン油の交換を余儀なくされる。エンジン油の長寿命性を維持するためには、燃料希釈による粘度低下を想定して、15W-40油のような粘度の高いエンジン油を用いるしかない。しかし、高粘度のエンジン油を用いることは、燃料希釈時においても十分な油膜を形成する一方、燃費を悪化させるという問題を有する。

そこで、燃料希釈を生じ得る車両においても、省燃費性と長寿命性を両立した「ディーゼルグランド DX 0W-40」を開発することとした。次章以降では、ディーゼルグランド DX 0W-40の開発について報告する。

## 3. ディーゼルグランド DX 0W-40の開発

### 3.1 ディーゼルグランド DX 0W-40の基本設計

本開発は、燃料希釈の多いDPF装着車での省燃費性と長寿命性の両立を主眼としたため、JASO DH-2規格 (Japanese Automotive Standards Organization: 日本自動車技術会規格) に適合することとした。長寿命性を確保するため、基油に高精製基油を用いるとともに、燃料希釈時でも十分な粘度を維持できるような高温側の粘度をSAE 40 (Society of Automotive Engineers: 米国自動車技術者協会粘度分類) と高粘度の設定とした。しかし、単に高粘度化しただけでは、エンジン内部での攪拌抵抗が増え、省燃費性が損なわれてしまう。そこで、高温側の粘度を維持しつつ低温粘度を低くし、実用温度域での粘度を下げることで、省燃費性の向上を図った (図4)。高温側での粘度を高く保つ一方、低温側での粘度を低くするには、エンジン油の粘度指数を高くする必要がある。粘度指数とは、温度による粘度変化を指標化したものであり、粘度指数が高いほど温度による粘度の変化度合いが小さいことを示す。一般に、エンジン油の粘度指数を向上させるには、より粘度指数の高い基油の使用や、粘度指数向上剤の配合が有効である。そこで、本開発では、従来の基油よりも高い粘度指数を示す当社高性能基油「WBASE」

を基油として用い、また、粘度指数向上剤を高性能化する  
ことで、高粘度指数化を図った。

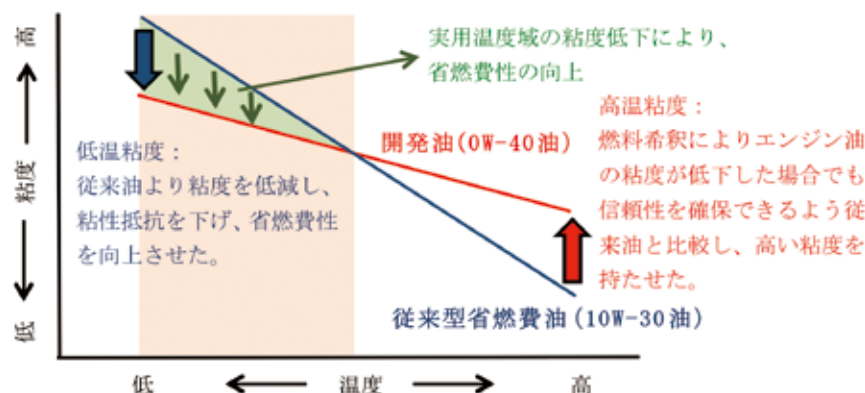


図 4 高粘度指数化による実用温度域での低粘度化

### 3.2 高粘度指数化手法

WBASEは当社が独自に開発した高粘度指数基油である。油分含有量の少ない高品質のスラックワックスを原料として用い、硫化物系触媒により分解異性化したのちに、蒸留、溶剤脱口することで製造する<sup>5)</sup>。WBASEの最大の特徴は、非常に高い粘度指数を示すことである。従来の Group III 基油 [API (American Petroleum Institute: 米国石油協会) の基油分類] や PAO (Poly- $\alpha$ -Olefin) の粘度指数が 120 ~ 130 程度であるのに対し、WBASE は 140 を超える高い粘度指数を示す (図 5)。ディーゼルグランド DX 0W-40 には、基油に WBASE を用いることで、高粘度指数化を図った。

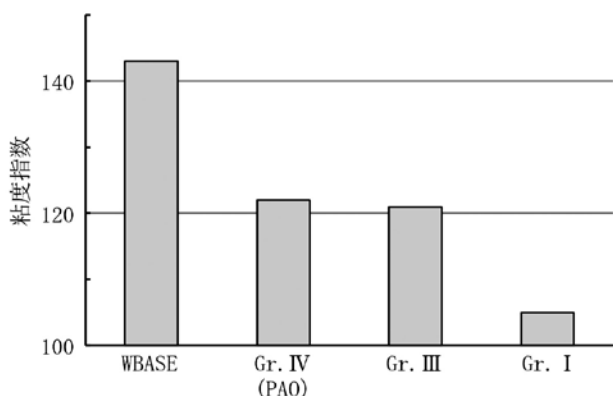


図 5 基油の粘度指数

次に新規に用いた高性能の粘度指数向上剤について述べる。粘度指数向上剤は高分子のポリマーであり、その名の通り、オイルの粘度指数を高くする添加剤である。粘度指数向上の作用機構は、油中でのポリマーの溶解状態を変化させることによる。低温時では、ポリマーのオイル

に対する溶解性が低下し、分子が凝集することで増粘効果が小さくなる。一方、高温時では、ポリマー分子の溶解性が増加し、分子が油中で拡がることで増粘効果が大きくなる。この違いにより、低温時と高温時の粘度の差を小さくし、粘度指数を高くする (図 6)。

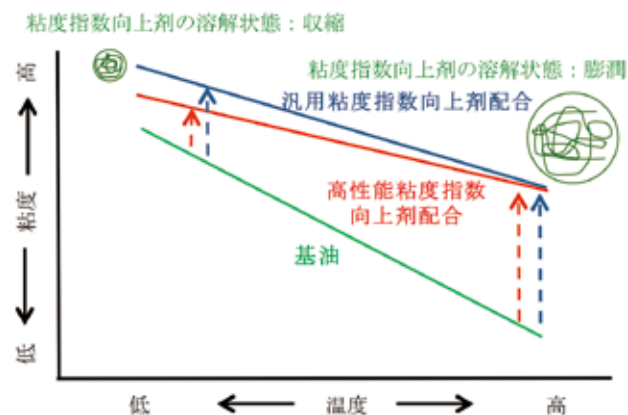


図 6 粘度指数向上剤の高性能化

本開発には、従来型の粘度指数向上剤よりもさらに高い極性をもつ主鎖に、非極性の長鎖の側鎖を有する高性能の粘度指数向上剤を用いた<sup>6)</sup>。主鎖の極性が極めて高いことから、従来の粘度指数向上剤に比較し、低温時では、ポリマー分子の収縮度合いが高くなる。高温時では基油と親和性の高い長鎖の側鎖が存在するため、ポリマー分子の拡がりが高くなる。これにより、従来の粘度指数向上剤よりも、さらに高い粘度指数向上効果を得られた。

これら基材を用いることで、従来の基材では達成が困難であった、粘度指数 250 と、従来油に比べて非常に高い粘度指数を有するディーゼルグランド DX 0W-40 油を開発することが出来た (図 7)。

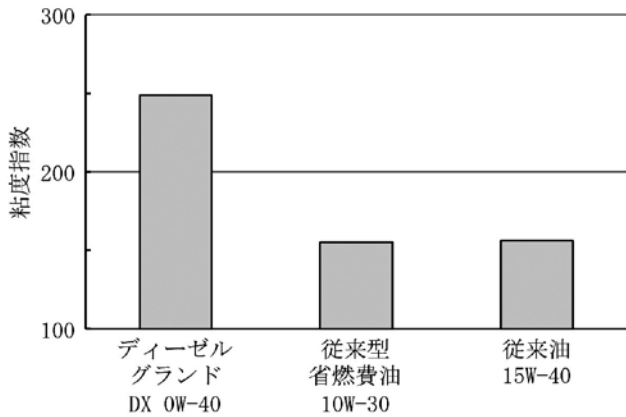


図7 ディーゼルグランド DX 0W-40の粘度指数

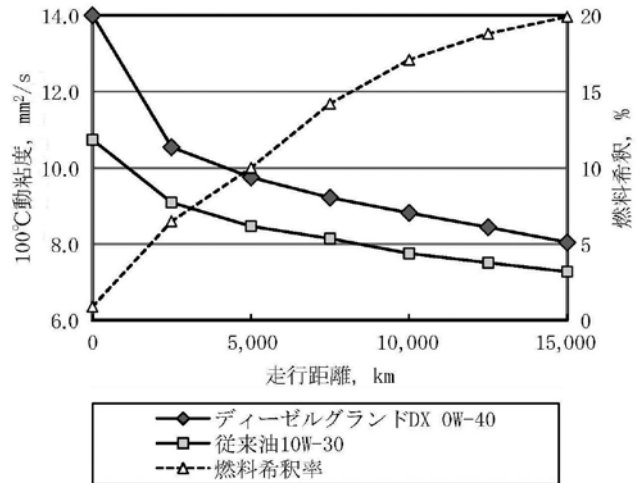


図9 ディーゼルグランド DX 0W-40の燃料希釈対応性能

3.3 実用性能

ディーゼルグランド DX 0W-40の省燃費効果を、当社シャーシダイナモにて測定した。車両には連続再生式DPFを有するトヨタダイナ(2t車)を用い、JC08モードで燃費の測定を行った。測定結果を図8に示す。ディーゼルグランド DX 0W-40は従来型の省燃費油である当社品10W-30対比で1%の燃費向上と、非常に高い省燃費効果を得ることができた。

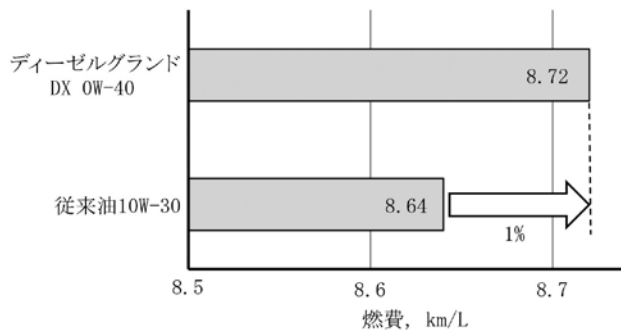


図8 ディーゼルグランド DX 0W-40の燃費測定結果

次に、長寿命性の評価のため、当社シャーシダイナモにてトヨタダイナを用いた実車耐久走行試験を実施した。走行条件は、燃料希釈が生じやすいよう設定し、15,000kmまで走行を行った。10W-30油は7,500kmの走行で、100°Cでの動粘度がほぼ8mm<sup>2</sup>/sと20%以上もの粘度低下が生じ、オイル交換の必要が認められた。一方、ディーゼルグランド DX 0W-40では15,000km走行まで100°C動粘度が8mm<sup>2</sup>/sを下回ることがなく、10W-30対比で2倍の長寿命性を有することを確認された(図9)。台上エンジン試験においても、10W-30油と同等以上の塩基価持続性、粘度増加の抑制効果を有することが認められた(図10、11)。また、ディーゼルグランド DX 0W-40はJASOに定めるエンジン試験、ベンチ試験に合格し、JASO DH-2性能も有する。

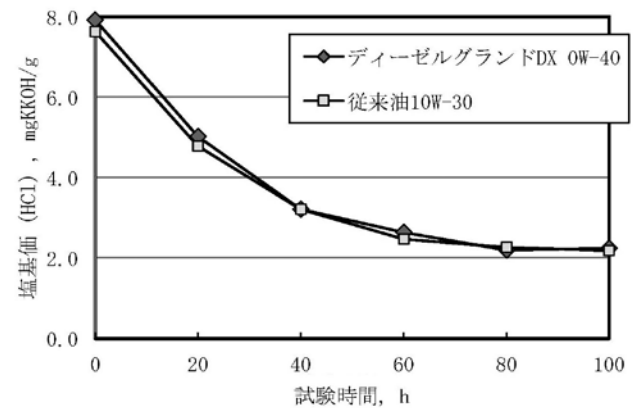


図10 エンジン試験 (JASO M336:1998) における塩基価残存性

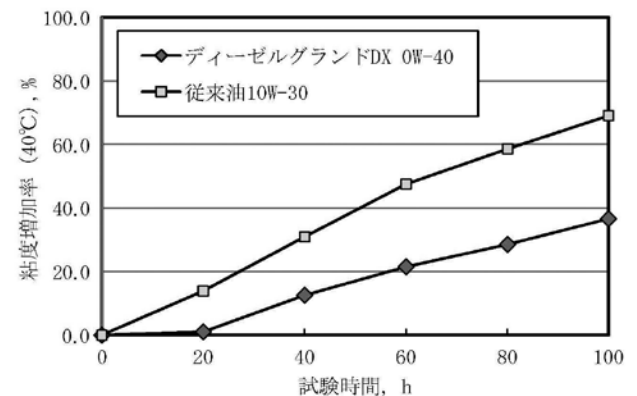


図11 エンジン試験 (JASO M336:1998) における粘度変化率

4. まとめ

燃料希釈の多い車両にも対応した、省燃費性、長寿命性に優れたディーゼルエンジン油「ディーゼルグランド DX 0W-40」を開発した。ディーゼルグランド DX 0W-40は、

高粘度指数基油である WBASE と高性能の粘度指数向上剤を配合することにより、粘度指数 250 と従来油に比べて非常に高い粘度指数を実現した。これにより、燃料希釈時でも十分な粘度を維持できるよう、高温側の粘度を SAE 40 と高粘度にしながらも、実用温度域では従来油を上回る低粘度特性を有することで、高い省燃費性を発揮することが出来た。

ディーゼルグランド DX 0W-40 は JASO DH-2 性能を有するのに加え、実車試験で、当社 10W-30 対比で 1% の燃費改善効果を有するとともに、2 倍の長寿命性を発揮することが確認された。

－ 参考文献 －

- 1) 富沢憲次：2013 JALOS 環境フォーラム (2013)
- 2) 橋本隆：トライボロジスト，第 48 巻，第 4 号，(2003) 278-282
- 3) 橋本隆、根本周蔵、山本英継、中村清隆、三浦正年、吉田悟、松浦賢、十河清二：自動車技術会学術講演前刷集 20055819 (2005)
- 4) 瀬古俊之：自動車研究，第 29 巻，第 5 号，(2007) 189-194
- 5) 田川一生、白濱真一、矢口彰、田口昌弘：石油学会鹿児島大会予稿 (2006)，295-296
- 6) 田中秀雄：石油製品討論会 (2010)