

解 説 1

ENEOS プレミアムモーターオイル SUSTINA のテクノロジーと商品特長

潤滑油販売部 潤滑油 1 グループ 寺元 良樹



1. はじめに

世界的に地球温暖化や地球環境保護への関心が高まる中、自動車メーカー各社は、この流れに対応してさまざまな技術開発を進め、乗用車の基本性能は大きく進化している。それに伴い、低排出ガス認定車や燃費基準達成車が急速に増加しており、乗用車保有台数に占める割合は2009年度に半数を超え、2010年度には6割に達する勢いである(図1)。燃費基準を達成するために、エンジンもさまざまな技術を導入し設計されており、エンジンオイルの低粘度化による省燃費効果も期待されている。一方で、消費者のエンジンオイルや乗用車に対するニーズは次の二つの傾向が顕著になっている。①エンジンオイルの購買時において、省燃費、環境などに対する品質や性能面を重視して選択する傾向が増している(図2)。②乗用車の保有期間が長期化(図3)する中で、乗用車に対するニーズも、これまでの「走りを楽しむ」ということから「大切に長く乗り続ける」という方向へシフトしており、愛車大切派が増加している。

当社は、これらのニーズに応えるため、「エンジンをスラッジから守り、高い省燃費性能を長く発揮し続けるオ

イル」を、当社独自のテクノロジーである高性能化学合成ベースオイル「WBASE」と添加剤技術「ZP テクノロジー」を採用することで開発した。本稿では、両テクノロジーと2010年11月から当社系列のサービスステーションで販売を開始した ENEOS プレミアムモーターオイル SUSTINA の商品特長について解説する。

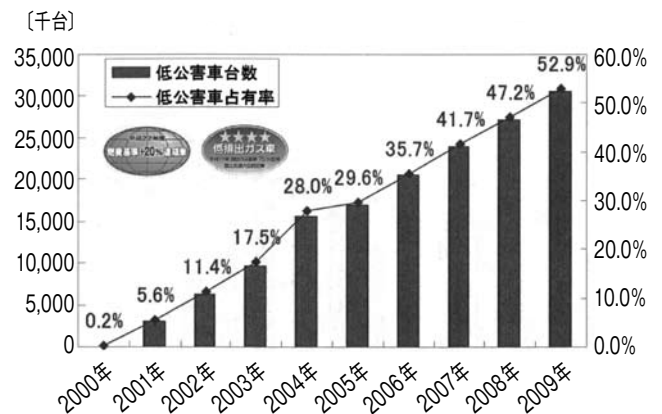


図1 低排出ガス認定車かつ燃費基準達成車の動向 (自工会統計データより算出)

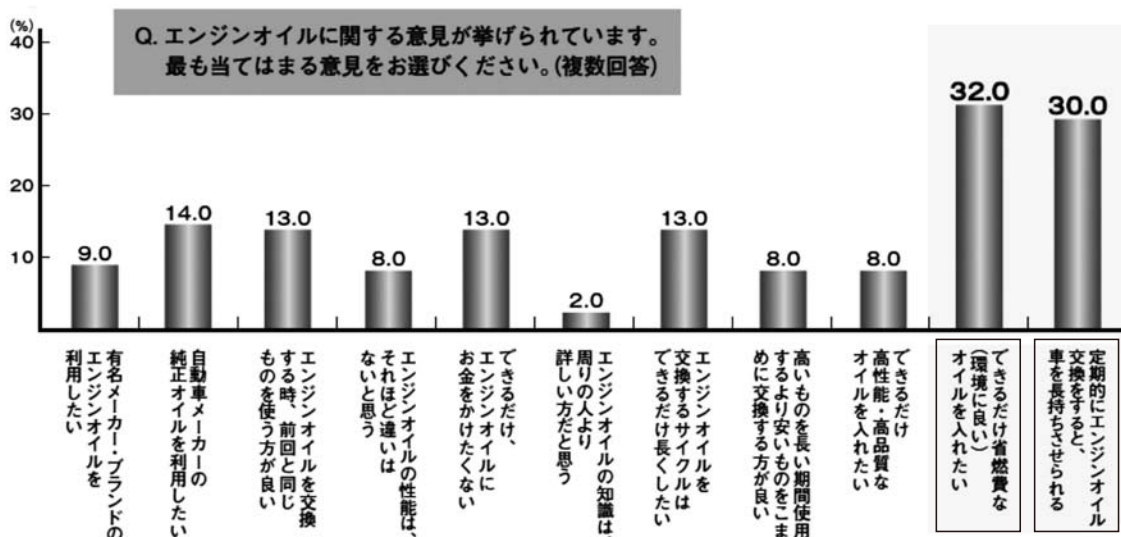


図2 エンジンオイル購買時の意識調査結果 (当社調査)

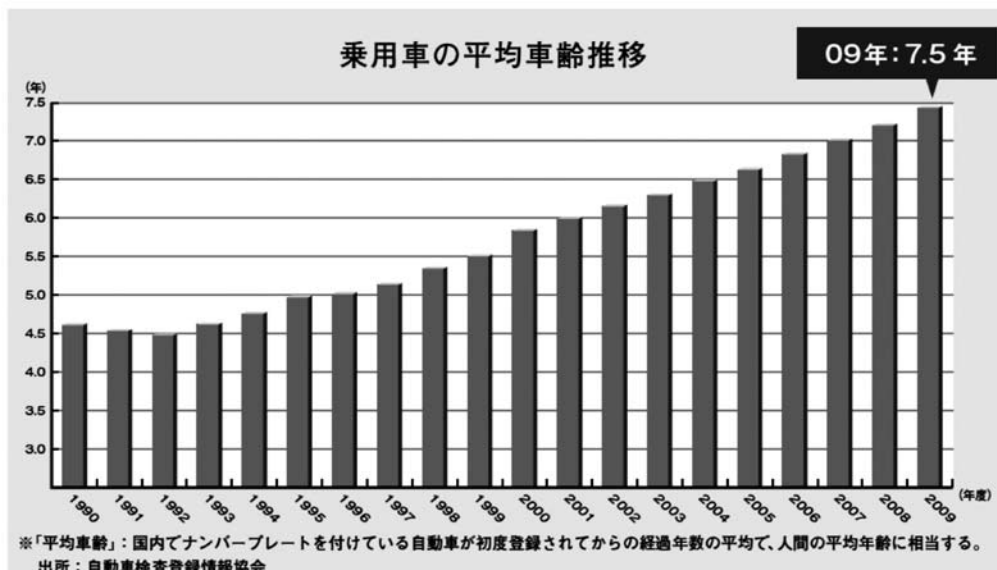


図3 乗用車の平均車齢推移

2. SUSTINA のテクノロジー

2.1 高性能化学合成ベースオイル『WBASE』

(1)『WBASE』の優位性

二酸化炭素排出量低減への取り組みが世界的な課題となる中、自動車に使用されるエンジンオイルや、産業用で使用される工業用潤滑油などは高い省エネ性能がますます必要となっている。潤滑油製品の省エネ性能を左右する要素として、使用するベースオイルの性能は非常に重要である。一般的に潤滑油は高温では粘度が低く、低温では粘度が高くなるが、この温度変化に伴う粘度の変化を示す指標が「粘度指数」である。これが高いほど、温度変化に伴う粘度の変化が小さく、使用される温度域において機械内部の流体抵抗を低減できることから、省エネ性能が向上する。高性能化学合成ベースオイル『WBASE』は、高性能オイルに最適な分子構造に極限まで近づけ、炭化水素系ベースオイルにおいて世界最高水準の高粘度指数を有する。

『WBASE』は、World No.1 (世界最高品質) の頭文字“W”と、Base Oilを表す“BASE”を組み合わせて命名した当社独自のベースオイルであり、当社グループの和歌山石油精製株式会社 海南工場で2008年から製造を開始している。

(2) 高粘度指数と省燃費効果

前項で述べた通り、潤滑油は温度によってその粘度が変わり、温度が上がると潤滑油の粘度は低下する。このような性質を持つ潤滑油をエンジンで使用するには、エンジン保全の観点から、想定した高温時において粘度の下限値を設定する必要がある。これを設計粘度 (エンジンを正常に動かすために必要な粘度) といい、この粘度を下回るとエンジンが損傷する確率が高くなる。しかし、エンジンの実用温度域は設計粘度を設定した温度よりもずっと低い

ところにあるため、実際のオイルでは不要な粘性が発生し、燃費を悪化させる。そのため、高温時の設計粘度を維持したまま、低温時の粘度を下げることで省燃費性向上の鍵となる。図4の通り、ベースオイルの高粘度指数化 (粘度の温度依存性を小さくすること) によって、高温時での粘度を確保しつつ、実用温度域での低粘度化を実現することができる。これによる不要な粘性の削減が省燃費効果として現れる。

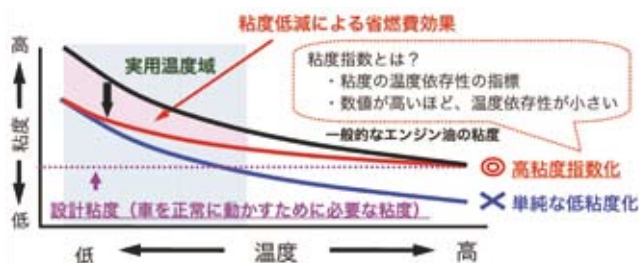


図4 省燃費効果と粘度指数

2.2 当社独自添加剤技術『ZPテクノロジー』

2.2.1 従来添加剤技術でのオイル設計手法と問題点

エンジンオイルは、鉱油、合成油などのベースオイルに、表1に示す添加剤を配合して製造される。中でも、ZDTP (ジアルキルジチオリン酸亜鉛) は耐摩耗性、酸化防止性を併せ持つ多機能添加剤として、半世紀以上に渡ってエンジン油に不可欠な主要添加剤として使用されてきた。運転中、厳しい酸化条件下におかれるエンジンオイルに使用されるZDTPは、分子中の硫黄原子が酸化されて最終的に硫酸となる。硫酸は、エンジンオイルの酸化劣化の主要活性種である過酸化物を分解する機能を有し、エンジンオイルの酸化を防止する¹⁾が、一方で塩基性物質である金属系清浄剤の消耗を促進して、エンジンオイルの塩基価維持性 (清浄性) に悪影響を及ぼす両刃の剣でもある²⁾。

表1 エンジン油の添加剤組成

種類	機能	主な化合物
粘度指数向上剤	温度による粘度変化の低減	OCP、PMA、SDC
流動点降下剤	低温流動性の向上	PMA
無灰分散剤	異物の分散・可溶化	コハク酸イミド
金属系清浄剤	部品表面への異物付着抑制 酸性成分の中和	Ca系化合物
摩耗防止剤	部品の摩耗・焼付き抑制	ZDTP
酸化防止剤	エンジン油の劣化抑制	ZDTP アミン、フェノール
摩擦調整剤	摺動部位の摩擦損失低減	Mo系化合物 アミン、アミド、エステル
腐食防止剤	非鉄金属の腐食抑制	N系化合物、S系化合物
消泡剤	あわ立ち防止	シリコン系化合物

ZDTP 配合油のエンジン試験における塩基価と ZDTP の残存量の関係を図 5 に示す。これにより ZDTP が分解するとともに塩基価も低下することがわかり、塩基価低下の主要因が、ZDTP からの硫酸の発生に影響されることが推察される。ZDTP 中の硫黄原子は過氧化物との反応の他、加水分解や熱分解でも容易に離脱するため^{2) 3)}、ZDTP を配合しながらオイルの性能維持を図るには自ずと限界がある。

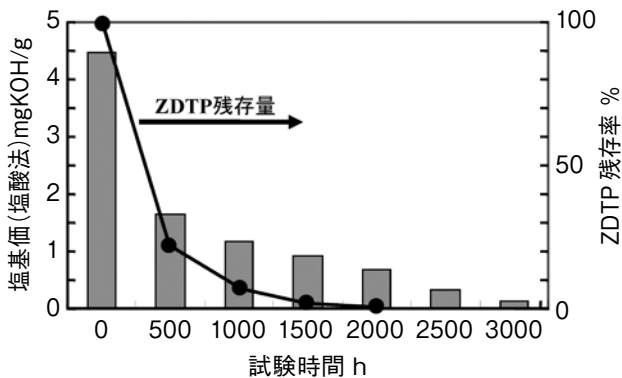


図5 塩基価と ZDTP 残存量の関係

エンジンオイル中で塩基性を示す主要な成分は金属系清浄剤であり、これは酸性成分の中和と共に、部品表面への異物付着の抑制、特にピストン清浄性を向上させる添加剤である。ZDTP の分解により、塩基価が低下するのは ZDTP に由来する硫酸が金属系清浄剤の消費を促進しているためであり、清浄性に問題が生じることが少なくない。通常、こうした性能低下の対策には無灰分散剤を増量し、エンジン油中の異物を分散・可溶化させて清浄性を確保するという手法が取られる。しかしながら、無灰分散剤は粘ちような化合物であるため、多量に添加するとオイルの粘度-温度特性が悪化し、結果として省燃費性能を低下させるという負の効果を生じる。以上のように、ZDTP 配合系では、エンジンオイルの更なる性能向上と共

に、高いレベルで清浄性、省燃費性をバランスさせることは難しい⁴⁾。

2.2.2 ZPテクノロジーの特長

前項で述べたように、既存技術で高性能エンジンオイルを設計しようとした場合に問題となるのは ZDTP に含有される硫黄から生成する硫酸である。当社では ZDTP の作用機構解明の研究と併行して、ZDTP 代替添加剤の開発を進めてきた結果、ZP (ジアルキルリン酸亜鉛) が ZDTP 代替添加剤として極めて有望であることを見出した⁴⁾。ZP は図 6 に示すように、ZDTP の硫黄を酸素に置換した化合物である。分子中に硫黄を含まないことにより分解しても硫酸を生成せず、エンジン油に配合すると以下に示す様々なメリットを生み出すことができる。

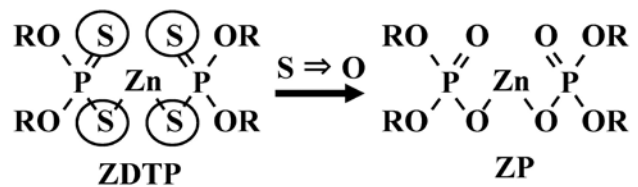


図6 ZDTPとZPの分子構造

(1) 塩基価維持性

ZP および ZDTP 以外の添加剤組成、基油組成 (高度精製基油) は同一とし、表 2 に示す性状の供試油を調整して、ISO 試験ならびに NO_x 吹き込み試験で評価した。図 7、8 に試験中の塩酸法塩基価の変化を示す。ZP 配合油は試験時間が経過しても塩基価の低下が少なく、エンジン油の塩基価維持性が大幅に向上することがわかった⁴⁾。同様に、JASO M333 高温酸化安定性試験でも評価した。試験中の塩基価変化を図 9 に示す。残存塩基価は ZP 配合油の方が ZDTP 配合油よりも高く、前述した実験室酸化試験と同様に ZP 配合油の優れた塩基価維持性が確認された。⁴⁾

表2 酸化試験供試油の性状

		ZP 配合油	ZDTP 配合油	
動粘度	(40℃)	mm ² /s	62.81	64.60
	(100℃)	mm ² /s	10.35	10.61
酸価		mgKOH/g	2.66	2.86
塩基価	(塩酸法)	mgKOH/g	8.65	8.77
	(過塩素酸法)	mgKOH/g	11.6	11.8
硫酸灰分		mass%	1.05	1.06
油中元素	Ca	massppm	2500	2500
	P	massppm	900	900
	S	massppm	<50	2000
	Zn	massppm	900	1000
	N	massppm	1300	1300

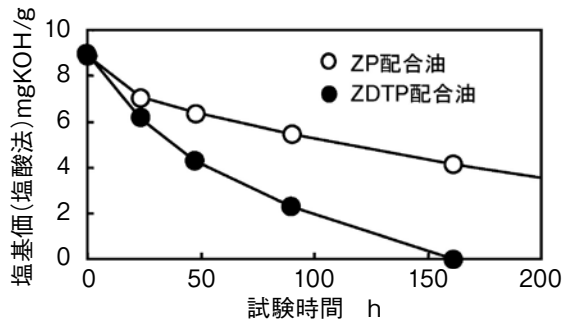


図7 ISO試験における塩基価変化

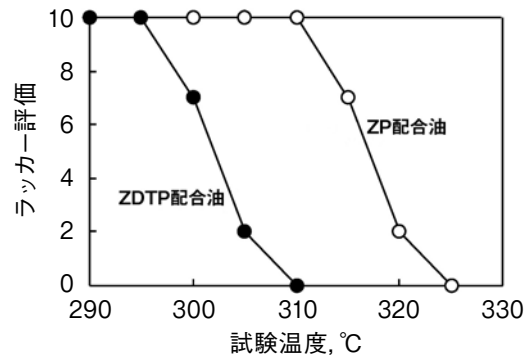


図10 ホットチューブ試験におけるラッカー評点

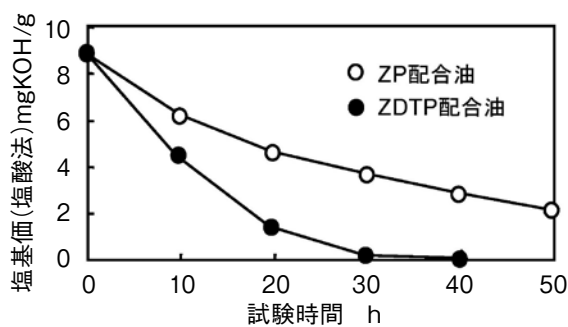


図8 NOx 吹き込み試験における塩基価変化

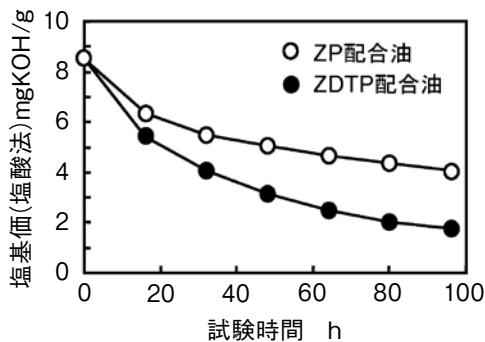


図9 JASO 高温酸化安定性試験における塩基価変化

(2) 清浄性

前項と同じ供試油を用いて、ホットチューブ試験で高温清浄性を比較した。図10に示す通り、ZDTP配合油のラッカー評点は300℃から下がり始め、310℃で0点となった。一方、ZP配合油では同じ評点となる温度がZDTP配合油よりも15℃高く、ZP配合油の高温清浄性はZDTP配合油よりも優れていることがわかった⁴⁾。

(3) 酸化安定性

前項と同じ供試油を用いたJASO M333 高温酸化安定性試験油の酸価の変化を図11に示す。酸価増加はZP配合油のほうが少なく、ZDTP配合油より効率よく酸化劣化を抑制していることがわかった。この理由として、試験油に使用したベースオイルが高度精製基油であるため、系中に存在する過酸化物量が大幅に減少している点が挙げられる。つまり、ZDTPによる過酸化物分解機能は、ZDTPに対する過酸化物濃度比が低い場合、酸化加速剤として機能してしまうことが以前から指摘されていた^{5), 6)}が、本実験結果でより明確なものになった。

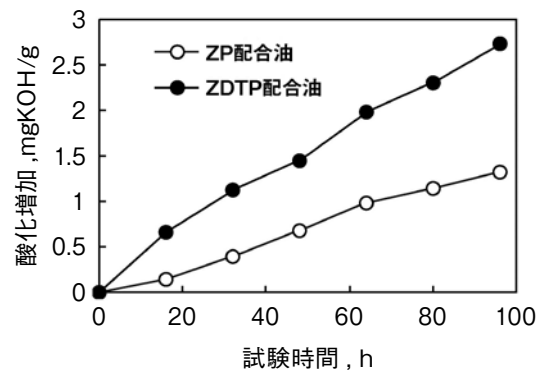


図11 JASO 高温酸化試験における酸価変化

3. SUSTINAの商品特長

3.1 省燃費性能 (燃費改善率) 最大2%向上

国内での販売台数が多い軽自動車と乗用車 (写真1) を選定し、当社中央技術研究所のシャシーダイナモメータを使用してJC08 コールドモード運転時の省燃費性能を評価した。本モードの緒元は表3に示す通りであり、最近の都市内走行の平均的走行パターンをもとに、アイドリングや細かな加減速走行を組み合わせた走行モードで、エンジン冷気状態から開始する。省燃費性能評価はモード走行させた時の排ガス成分濃度から、カーボンバランス法により算定した。図12は、API SM、ILSAC GF-4の省燃費油を基準油として、SUSTINAの省燃費性能を燃費

改善率としてグラフ化したものであり、SUSTINA の使用により省燃費性能が大幅に向上することがわかる。



写真1 省燃費性能評価車両

表3 JC08 モード緒元

理論走行距離	km	8.176
時間	sec	1,200
平均車速	km/h	24.4
最高速度	km/h	81.6

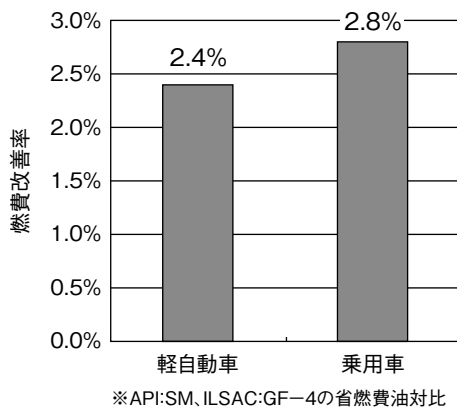


図12 SUSTINA の燃費改善率

3.2 清浄性能持続力 2倍

SUSTINA の清浄性能を各種エンジン試験にて評価した。評価油の清浄剤残存率の変化を図13に示す。API SM、ILSAC GF-4 の省燃費油は10,000km 走行相当の試験後で清浄剤が消失するのに比べ、SUSTINA は20,000km 走行相当の試験後でも清浄剤の残存が確認された。

ZDTP を含まないSUSTINA は、塩基性物質である金属系清浄剤の残存性を2倍に延長させる効果があることがわかる。図14には試験時のエンジンヘッドカバーの汚れ(スラッジの生成状況)を示すが、両油の清浄性能に大きな差がみられた。

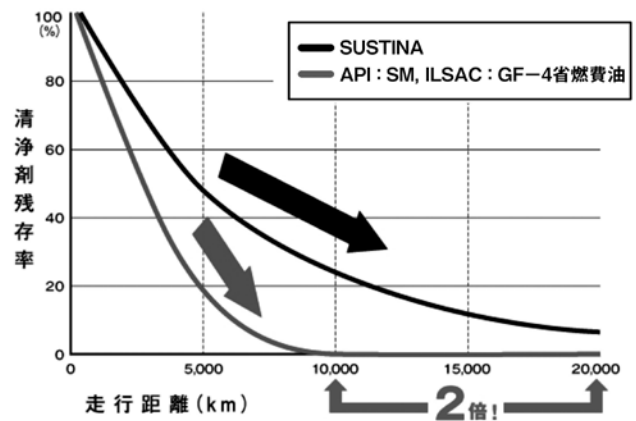


図13 清浄性能持続力比較エンジン試験

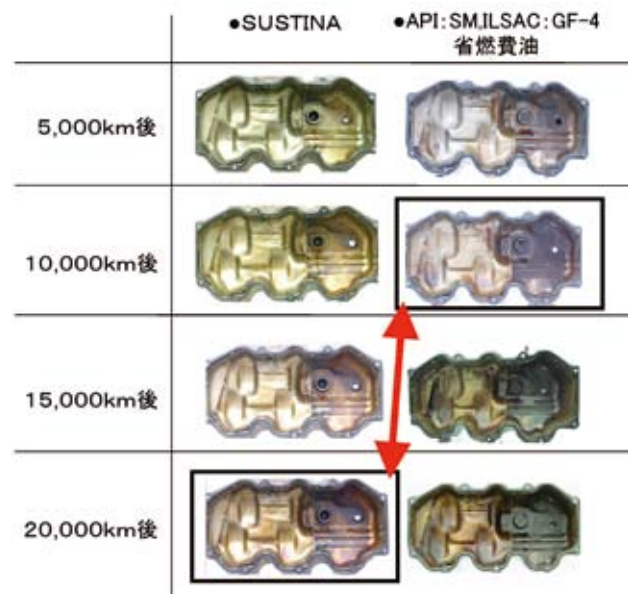


図14 エンジンヘッドカバー比較

さらに、高温エンジン試験後のピストンの状態を図15に示す。前述したエンジン試験結果と同様に、SUSTINA はAPI SM、ILSAC GF-4 の省燃費油と比較して、ピストンリング溝への燃焼残渣物やスラッジの付着がほとんどなく、金属部分が見えるほど非常にきれいな状態であった。このことは、ピストンリングの正常な作動を維持し、ガス密封作用や潤滑作用を長く保つことにつながる。



図15 高温エンジン試験後のピストン

3.3 省燃費性能持続力 2倍

モーターで駆動するエンジン摩擦試験機を用いて、オイルの摩擦トルクの改善率を省燃費性能として捉え、省燃費性能持続力を評価した。SUSTINA と API SM、ILSAC GF-4 の省燃費油について、新油と 15,000km 走行相当の劣化油の軸回転トルクを測定した。図 16 には、API SM、ILSAC GF-4 の省燃費油の新油のトルクを基準とした時 (100%) の省燃費性能を示す。SUSTINA は 15,000km 相当走行後の劣化油でも省燃費効果の低下幅は▲1%と少なく API SM、ILSAC GF-4 の省燃費油と比較しても高い省燃費効果が持続している。API SM、ILSAC GF-4 の省燃費油の 15,000km 相当走行後の劣化油では省燃費効果の低下幅は▲2%と2倍の差となった。このことから SUSTINA は優れた省燃費性能持続力を有することがわかる。

※比較油【API: SM、ILSAC: GF-4 の省燃費油 (同一粘度グレード)】0Km を 100%として算出

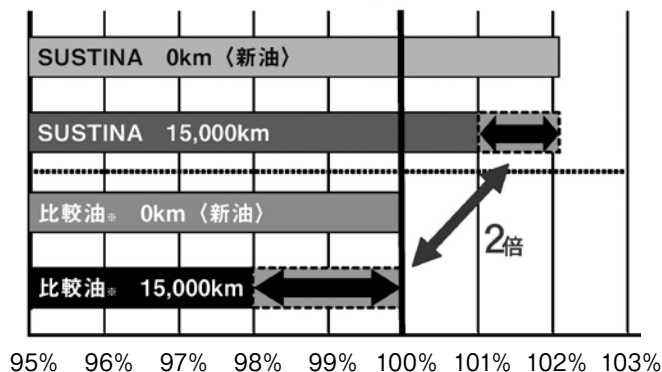


図 16 省燃費性能持続力比較試験

3.4 商品ラインアップ

ENEOS プレミアムモーターオイル SUSTINA は、ほとんどすべてのガソリンエンジン車に対応できる様に、低粘度オイルが推奨されているエコカー用に 0W-20、5W-20 を、一般乗用車やターボ車用に 5W-30、欧州車用に 5W-40 をラインアップしている。さらに、スポーツ走行を志向する顧客を対象として超ワイドレンジの 0W-50 をスペシャルオイルとして取り揃え、顧客が車や乗り方にベストマッチなオイルを選定できるよう 5 種類の粘度グレードを用意した。(表 4)

表 4 SUSTINA の商品ラインアップ

粘度グレード	0W-50	0W-20	5W-20	5W-30	5W-40
主な最適車種	スポーツタイプ	エコカー 0W-20推奨車	エコカー 5W-20推奨車	エコカー 全般	欧州車など 5W-40推奨車
商品パッケージ					
品質規格	API: SN	API: SN/RC ILSAC: GF-5	API: SN/RC ILSAC: GF-5	API: SN/RC ILSAC: GF-5	API: SN ACEA: C3, A3/B4

さらに、2010 年 10 月から運用が開始されているエンジンオイルの最高品質規格 API SN をすべてのラインアップで取得し、0W-20、5W-20、5W-30 については ILSAC GF-5 も取得している。また、5W-40 については ACEA C3 の性能も有しており、欧州製のクリーンディーゼル車にも適合可能となっている。

4. おわりに

ENEOS プレミアムモーターオイル SUSTINA は 11 月 1 日からの発売当初から、好評を得ており、すでに、2 ヶ月間で約 25 万台の乗用車で使用されている。乗用車の環境性能の向上、乗用車平均車齢の伸長などが進むなかで、「環境に優しい車を大切に長く乗り続けたい」という顧客が増えており、ENEOS プレミアムモーターオイル SUSTINA は、このような顧客のニーズに対応した最先端のエンジンオイルであると自負している。「エンジンをスラッジから守り、高い省燃費性能を長く発揮し続けるオイル」ENEOS プレミアムモーターオイル SUSTINA は新時代のカーライフを力強くサポートし続けることで、ENEOS 系列 SS のオイル販売における顧客の技術的信頼感の獲得の一助になることを願っている。

— 引用文献 —

- 1) K. Yagishia, J. Igarashi: 31P NMR and Mass Spectrometric Studies of the Reaction of Zinc Dialkyldithiophosphates with Cumene Hydroperoxide. 1. Kinetics and Mechanisms of the Initial Homolytic Reaction, Sekiyu Gakkaishi, 38, (6), (1995).
- 2) 八木下和宏、五十嵐仁一、小泉武男: 水共存下における ZDTP の劣化挙動の把握, トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集, 00 年春東京 (2000) 91
- 3) Dickert, J.J., Rowe, C.N., J.Org.Chem., 32, (3) 647 (1967)
- 4) 小宮健一、八木下和宏 ENEOS Technical Review・第 48 巻 第 1 号
- 5) 大勝靖一, 潤滑, 23, 8 (1978) 606
- 6) Johnson, M.D., Korcek, S., Zinbo, M., ASLE Trans., 29, 136 (1985).