

櫛型ポリマー配合エンジンオイルの省燃費持続性

Retention of fuel economy performance of engine oils formulated using comb polymers

Thorsten Bartels*, Alan Flamborg**, Selin Manukyan*, Gerald Russ***, Kenji Ohara****

*Evonik Operations GmbH, **Retired Evonik, *** University Of Applied Sciences Darmstadt, ****Evonik Japan

1. はじめに

オレフィンコポリマー系粘度指数向上剤(OCP VII)と櫛型ポリアルキルメタクリレート(Comb VII)を配合したエンジンオイルの省燃費性持続性を、排ガス中の微粒子やガソリンパティキュレートフィルター(GPF)へのアッシュ堆積の影響と併せて比較した。Comb VIIを配合した処方は試験を通じて高い省燃費性を示すとともに、3種類の異なる運転方法によりオイル劣化を受けた後も省燃費性が維持されていた。一方、オイル消費やアッシュ堆積、微粒子除去効率には顕著な影響がみられなかった。

2. 背景

2014年から欧州では排ガス規制の強化に伴い、23nm以上の個体粒子に適用される規制がガソリン車にも拡大され、車両の燃費向上と同時に微粒子の排出抑制も課題となっている。

2014年から2019年までGPFにおける、すすやアッシュ堆積に関する検証が行われてきた。[1] 2016年には実際のエンジンを用い、異なる負荷条件や運転条件の下で二種類の異なる粘度指数向上剤(VII)であるComb VII [2, 3, 4]とOCP VIIの性能を比較した。しかしながら、これらの研究はエンジンオイルの新油性能を測定したものであり、劣化後の性能比較についても注目が集まっていた。そのため2021年には、これらのVII技術の性能がエンジン運転下の劣化の影響を受けて、どのように変化するか検証した。[5]

本報告では、従来研究[2,5]からエンジンオイルが劣化した際の省燃費性持続性、燃料希釈率、エンジンオイル消費量、GPFへのアッシュ堆積、および微粒子除去効率に関してエンジンオイルに配合されたVIIの影響を報告する。

エンジンオイルを劣化させるための運転パターンとして、低負荷運転パターンのためにAssessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems (ARTEMIS)のUrban driving cycleを採用した。高速高負荷走行パターンとしてARTEMIS Motorway driving cycleを採用した。低速高負荷走行パターンとしてMountain Sierra Nevada (Spain) up- and downhill driving cycleを採用した。

3. 実験方法

過給機付き1.6L直噴エンジンであるOPEL製4気筒ガソリンエンジン(A16SHT)を使用した。微粒子除去効率はGPFの前後でPM粒子数(PN)を測定することで取得了した。PN測定においては、Horiba MEXA-1000 SPCSを使用した。

エンジンベンチの運転は自動化ソフトウェアを使用し、車両モデルOPEL Zafira Tourerを想定しARTEMIS Motorway, ARTEMIS UrbanおよびSierra Nevada up-/downhillの走行パターンをシミュレートした。

エンジン試験は、それぞれの前述の3種類の運転モードによるエンジンオイルの劣化試験を実施しながら、排気ガスやガス中の粒子をスタート時、10,000km相当距離、20,000km相当距離毎に測定している。省燃費性についてはNew European Driving Cycle (NEDC)でスタート時、10,000km相当距離、20,000km相当距離毎に測定し、Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (WLTC)でスタート時、および20,000km相当距離毎に測定した。試験の流れをFig.1に示す。

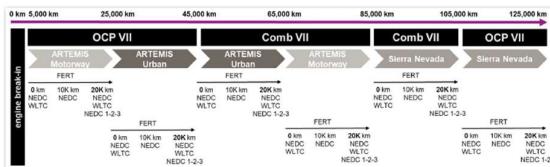


Fig. 1 Test protocol[5]

供試油についてTable 1に示す。3オイルともエンジンオイルせん断安定性試験(ASTM D6278) 30cycle 実施後の150°Cの高温高せん断粘度(HTHS)が2.9 mPa·s以上になるよう調整している。Comb配合エンジンオイル(Comb1油、Comb2油)はOCP配合エンジンオイル(OCP油)に比べ80°Cおよび100°CのHTHS粘度が低く、エンジン運転下温度域で高い省燃費性能が得られることが示唆されている。[6]

Table 1 Sample of table

	OCP油	Comb1油	Comb2油
	OCP VII 配合[2,5]	Comb VII 配合[2]	Comb VII 配合[5]
SAE grade	5W-30	5W-30	5W-20
Base Oil		Group III	
Ash content, %		0.8	
Phosphorus, $\mu\text{g/g}$		790	
Kinematic Viscosity 40°C, mm^2/s	63.3	40.4	36.6
Kinematic Viscosity 100°C, mm^2/s	10.9	9.7	8.5
Viscosity Index	164	237	223
HTHS 150°C, $\text{mPa}\cdot\text{s}$	3.2	3.0	3.0
HTHS 100°C, $\text{mPa}\cdot\text{s}$	7.1	6.1	5.7
HTHS 80°C, $\text{mPa}\cdot\text{s}$	10.8	9.2	8.7
NOACK 1h 250°C, %	11.1	10.3	11.4
MRV -35°C, $\text{mPa}\cdot\text{s}$	21,100	8,200	7,700
CCS -30°C, $\text{mPa}\cdot\text{s}$	5,567	4,023	3,406
Kinematic Viscosity 100°C, mm^2/s after 30 cycles shear ASTM6278	9.4	9.5	8.5

4. 結果と考察

4.1 動粘度の推移

OCP 油と Comb2 油の粘度変化と燃料消費量変化の過程を Fig.2 と Fig. 3 に示す。粘度変化に伴い燃料消費量も変化しており、特に Motorway Cycle では OCP 油の粘度低下と燃料消費量の減少が同時にみられる。試験を通じて Comb2 油は OCP 油に対して 100 °C と 40 °C において低粘度を維持し、これが新油での省燃費性の優位性の維持[2]に寄与していると考えられる。

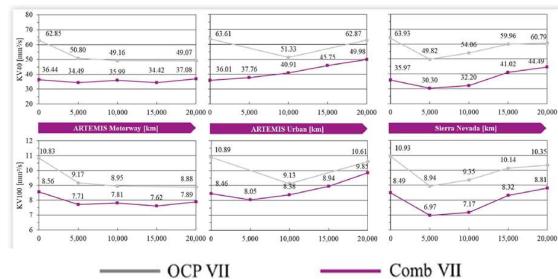


Fig. 2 Kinematic Viscosity change at 40 °C and 100 °C over applied engine cycles [5]

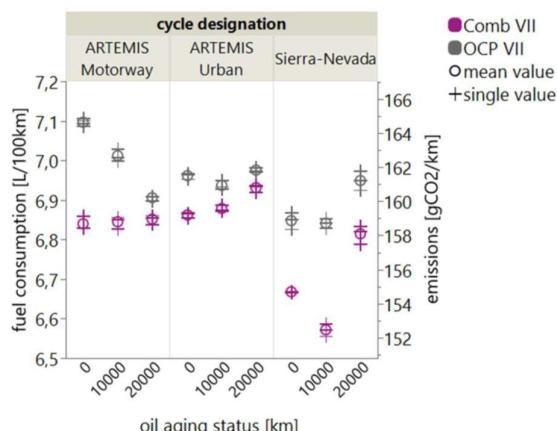


Fig. 3 Fuel Consumption over aging distance [5]

4.2 Comb VII により得られる OCP VII 比の省燃費特性

エンジンオイルの劣化条件を含む条件では、WLTC モードにおいて、Comb 2 油は OCP 油に対して、3 運転条件の平均で 1.5% の燃費向上効果を得た。NEDC モードにおいては Comb 2 油は OCP 油に対して 3 運転条件の平均で 2.0% の燃費向上効果を得た。この結果[5]と新油を用いた結果に基づく報告[2]の比較を Table 2 に示す。

Table 2 Fuel efficiency gains from current and previous studies.

SAE grade of Comb Oils	5W-30	5W-20
NEDC FE benefit (Comb vs OCP Oil 5W-30)		
Benefit at fresh oils [2]	0.8%	1.5%
Benefit at aged oils [5]	-	2.0%
WLTC FE benefit (Comb vs OCP Oil)		
Benefit at fresh oils [2]	1.6%	-
Benefit at aged oils [5]	-	1.5%

5W-30 である OCP 油と比べると Comb 2 油が 5W-20 となっており SAE グレードが低粘度化した影響が Benefit at aged oils [5] に含まれているが、Table 2 の NEDC モードの結果からは、新油で得られていた Comb VII の効果[2] はエンジンオイル劣化の影響を受けても減じないことが分かる。

4.3 その他のパラメーター

試験後の使用油中の燃料希釈率は 1.5 - 4% であった。燃料希釈率の測定はガスクロマトグラフィーによる。エンジンオイル処方による差は認められなかった。3 運転条件下での試験を通じてオイル消費、GPF へのアッシュ堆積および微粒子除去効率についての両 VII で顕著な差は認められなかった。

5. 結論

本報告では従来研究[2, 5]を基に、VII 技術がおよぼす省燃費性への影響を、特に省燃費持続性と GPF 適合性の観点で比較した。運転モードでは欧州でよく用いられる ARTEMIS Motorway, ARTEMIS Urban および Sierra Nevada up-/ downhill の走行パターンを採用し、NEDC および WLTC での CO₂ 排出量を測定した。

- Comb VII 配合エンジンオイルは OCP VII 配合エンジンオイルに比較し、エンジンオイルの劣化を経ても、NEDC で平均 2%, WLTC で平均 1.5% の燃費向上を得た。
- 燃料希釈率、エンジンオイル消費量、GPF へのアッシュ堆積、および微粒子除去効率において、両 VII 技術に有意な差は認められなかった。

References

- Rubino, L., Thier, D., Schumann, T., Guettler, S. et al., "Fundamental Study of GPF Performance on Soot and Ash Accumulation over Artemis Urban and Motorway Cycles -Comparison of Engine Bench Results with GPF Durability Study on Road," SAE Technical Paper 2017-24-0127 (2017).
- Lauterwasser, F., Bartels, T., Smolenski, D., and Seemann, M., "Megatrend Fuel Economy: How to Optimize Viscosity with VI Improvers," SAE Technical Paper 2016-28-0030 (2016).
- Stöhr, T., Eisenberg, B., and Müller, M., "A New Generation of High-Performance Viscosity Modifiers Based on Comb Polymers," SAE Technical Paper 2008-01-2462 (2008).
- Stöhr, T., Janßen, D., Eisenberg, B., Görlitzer, H., Schnabel, J., and Müller, M., "Verwendung von Kammpolymeren zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs," DE 10 2007 032 120.8.
- Bartels, T., Flamberg, A., Manukyan, S., and Russ, G., "Comparison of Olefin Copolymers and Comb Polymers in Engine Oil Formulations Tested for Fuel Efficiency Retention and CO₂ Emissions Under Advanced Emission Standards," SAE Technical Paper 2021-01-1211 (2021).
- Hutchinson, P., Couet, J., and Eisenberg, B., "Correlating Viscosity to Fuel Efficiency in the Daimler OM501 Heavy-Duty Diesel Engine Fuel Efficiency Test and the Influence of VII," in: 22nd International Colloquium Tribology Esslingen, (January 2020).