

金属系添加剤非含有のディーゼルエンジン油の開発

The development of ashless diesel engine oil

出光興産（正）*清水 保典 （正）甲嶋 宏明 （正）葛西 杜継

Yasunori Shimizu*, Hiroaki Koshima*, Moritsugu Kasai*

*Lubricants Research Laboratory, Idemitsu Kosan Co., Ltd.

1. はじめに

環境負荷低減を目的に、ディーゼル車には排ガス中の微粒子物質(Particulate Matter (PM))を捕集する Diesel Particulate Filter (DPF) が搭載されている。捕捉されたススは DPF の再生処理にて焼却除去されるが、金属系添加剤由来の金属灰分は残留し、DPF 性能の低下や再生頻度の増加、省燃費性の悪化など、様々なトラブルの要因となっている。

このような背景から、潤滑油中の金属灰分を低減したディーゼルエンジン油が研究・開発され、市場にて適用されている。しかし低灰化では問題の根本的な解決に至らないため、筆者らはさらなる環境負荷の低減を可能とする金属系清浄剤と金属系耐摩耗剤を含有しないディーゼルエンジン油の研究・開発を進めてきた²⁾⁴⁾。本報では、開発した無灰エンジン油の DPF への効果や、エンジン耐久試験および実車走行試験の結果について報告する⁵⁾⁶⁾。

2. 供試エンジン油

Table 1 に一般的なディーゼルエンジン油と無灰エンジン油の処方コンセプトを示す。一般的に、低灰のエンジン油では、エンジン油中の金属系清浄剤や耐摩耗剤である ZnDTP (ジアルキルジチオリン酸亜鉛) を低減し、他の添加剤の最適配合などの調整がなされている。一方で、無灰エンジン油では、自社開発の無灰系の清浄剤と、耐摩耗剤を配合し処方を確立した。さらに、代替された ZnDTP の酸化防止性能や、金属系清浄剤の分散性能については、酸化防止剤や分散剤の最適配合で性能を維持・向上させた。

Table 1 Comparison of formulations

	Typical Diesel Engine Oil	Ashless Oil
Antiwear	Metal type (ZnDTP)	Ashless type
Detergent	Metal type	Ashless type
Oxidation inhibitor	Phenol type, Amine type	Optimized based on commercial oil additives
Dispersant	Succinimide	
Base oil	Mineral	
Viscosity modifier	OCP, PMA etc.	
Other additives	Rust inhibitor, Anti form, Friction Modifier, etc.	

3. DPF 目詰まり試験

DPF の堆積物量に与える影響を確認するため、Table 2 に示す無灰エンジン油 (Developed Oil) と 1.0 wt% の硫酸灰分を有する市販 JASO DH-2 油 (DPF 等の排出ガス後処理装置を装着したトラック・バスなどの大型ディーゼル車向けのエンジン油規格適合油) を用いて DPF 目詰まり試験を実施した。試験は、1.4L の直噴ディーゼルエンジンを用い、高負荷条件で 200 時間運転した後に 700℃の加熱炉でススを焼却し、試験前からの重量増加量を確認した。

Fig. 1 にスス燃焼後の DPF の表面を撮影した画像を示す。DH-2 油は表面に堆積物が付着しているのに対し、無灰エンジン油は堆積物が無く新品同様の状態を維持していることが確認された。Fig. 2 に重量変化を示す。市販 DH-2 油は灰分が堆積したのに対し、無灰エンジン油では微小な堆積増加量であった。

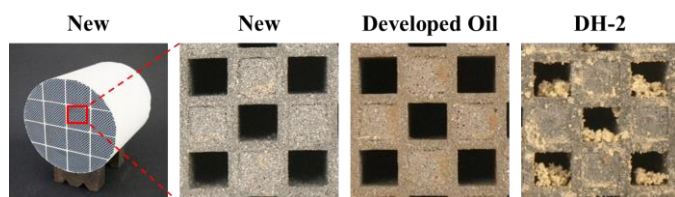


Fig. 1 Surface images of the DPF after burning

Table 2 Test oil properties

		Commercial DH-2	Developed Oil	Test method
Viscosity Grade		10W-30	10W-30	SAE J300
Kinematic viscosity (@100°C)	mm ² /s	10.6	10.5	ASTM D455
Sulfated ash	wt%	1.0	0.1	ASTM D874
Calcium	wt%	0.28	nil	ASTM D5185
Zinc	wt%	0.04	nil	ASTM D5185
Phosphorus	wt%	0.04	nil	ASTM D5185

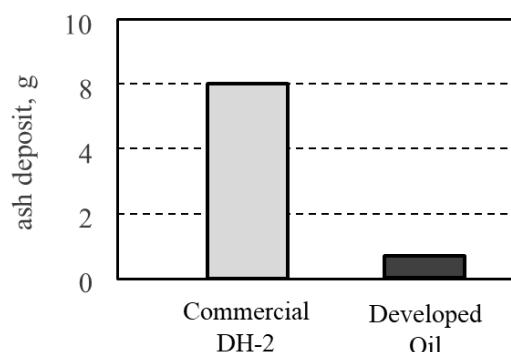


Fig. 2 Ash deposit after DPF loading test

4. JASO DH-2 規格性能

無灰エンジン油の基本性能を確認することを目的に、JASO DH-2 規格に設定された性能試験を実施した。JASO DH-2 規格試験に設定されたピストン清浄性、動弁系摩耗防止性、スート分散性、高温酸化防止性など全てのエンジン試験と、実験室的性能試験に合格した (Table 3)。

一方で、JASO DH-2 規格には硫酸灰分の下限值が設定されており、金属分を含まない無灰エンジン油は本項目には適合しない。

5. 実車走行試験

実用性能を確認するため、日本国内にてトラック・バスを対象に実車走行試験を実施した。Fig. 3 に試験中のエンジン油の性状推移を示す。エンジン油の寿命指標として用いられる塩基価 (塩) が、20,000km にはほぼ0となり、30,000km まで0で推移した。塩基価 (塩) が0となると、酸化安定性の低下に伴う酸価上昇により腐食摩耗の発生 (油中金属分の増加) や、分散性能低下による動粘度の上昇などが発生するが、開発油ではいずれも急激な変化は確認されず、良好な実用性能を有することを確認した。

また、国内の街乗り走行では、燃料希釈が発生することが知られている (Fig.3 中の破線)。燃料希釈は、粘度低下による耐摩耗性の低下や、エンジン油の劣化の加速などが懸念されるが、開発油では急激な鉄分の増加等が確認されず、性状は良好に推移した。

Table 3 Results of JASO DH-2 tests

Engine tests		
Piston detergency	Hino N04C, JASO M 336	Pass
Valve train wear protection	Hino N04C, JASO M 354	Pass
Soot Dispersancy	Mack T-8A, ASTM D5967	Pass
High temperature oxidation stability	Sequence IIH, ASTM D7320	Pass
Laboratory tests		
Hot surface deposit control	JPI-5S-55	Pass
Anti-corrosion	ASTM D6594	Pass
Seal compatibility	ASTM D7216	Pass

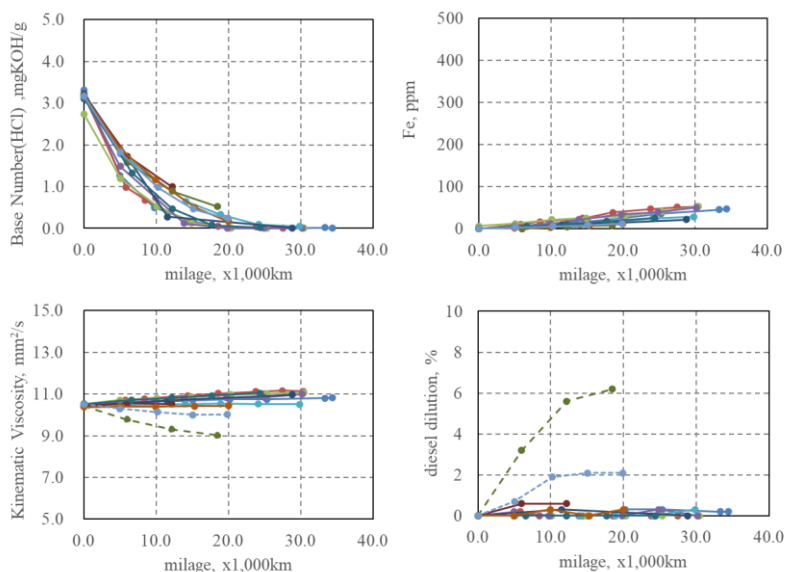


Fig. 3 Trends of oil properties during the field tests

6. まとめ

DPF 内部への灰分堆積に起因するトラブルの抜本的な解決を目指し、金属系清浄剤や金属系耐摩耗剤を配合しないエンジン油の開発に着手した。DPF 堆積試験、各種エンジン試験、実車走行試験において、以下の結果が得られた。

- (1) 自社開発の無灰系清浄剤と無灰系耐摩耗剤を配合した無灰エンジン油を開発した。
- (2) DPF 目詰まり試験により、開発油はエンジン油由来の灰分に起因する堆積がほとんどないことを確認した。
- (2) 開発油は JASO DH-2 規格にて制定された全てのエンジン試験と実験室的性能試験に合格し、JASO DH-2 規格の性能を有することを確認した。
- (3) トラック・バスを用いた実車フリート試験を実施し、30,000km までの実用性能に問題が無いことを確認した。

開発油は、DPF 搭載車の再生回数増加抑制による燃費悪化の抑制や廃棄物の削減など、省燃費・省資源への貢献が期待できる。さらに、運輸業界における運転手不足や高齢化、2024 年問題など、急務となっている業務効率化に対し、DPF トラブルに起因する労働環境の悪化の改善による貢献も期待できる。

文献

- 1) 日本自動車輸送技術協会 HP, ディーゼルエンジンのオイル使用管理と故障原因に関する実態調査報告書：
https://ataj.or.jp/research/seika_kohyo.html (2024.02.15)
- 2) Y. Shimizu, H. Fujita & M. Kasai: Study of Non-Phosphorus and Non-Ash Engine oil. SAE Technical Paper, 2011-01-2127.
- 3) J. Iwasaki, Y. Shimizu, H. Fujita & M. Kasai: Impact of Non-Phosphorus and Non-Ash Engine Oil on After-Treatment Devices. SAE Technical Paper, 2014-01-2782.
- 4) 山下・清水・藤浪・葛西：無灰ディーゼルエンジンオイルの性能評価，トライボロジー会議 2023 春予稿集
- 5) Y. Shimizu, Y. Fujinami & M. Kasai: The performance of diesel engine oil using ashless anti-wear additive and detergent. SAE Technical Paper, 2023-32-0027.
- 6) 霜崎・清水：Zero Ash ディーゼルエンジンオイル「idemitsu AshFree」の開発，出光トライボレビューNo.42 (2023)