

無灰ディーゼルエンジンオイルの性能評価

The performance of ashless diesel engine oil

出光興産（正）*山下 潤（正）清水 保典（正）藤浪 行敏（正）葛西 杜継

Jun Yamashita*, Yasunori Shimizu*, Yukitoshi Fujinami*, Moritsugu Kasai*

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

1. はじめに

ディーゼルエンジン車に搭載された Diesel Particulate Filter (DPF) は、排ガス中のススなどの微粒子物質 (Particulate Matter (PM)) を捕捉し、環境負荷を低減したガスを大気に放出する装置である。しかしながら、PM の捕捉容量に限りがあるため、定期的にススなどを燃焼させる再生処理を実施している。一方で、エンジン油の金属系添加剤由來の灰分は燃焼できず DPF 内部に残るため、再生頻度の大幅な増加や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¹⁾、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、実車エンジン耐久試験結果について報告する。

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仕様を示す。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) を減少し、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、自社開発の金属を配合しない無灰系の清浄剤と、耐摩耗剤を配合し、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, FM, 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 (Sample A) と 1.0 wt% の硫酸灰分を有する市販 JASO DH-2 油 (DPF や NO_x 還元触媒等の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 200Hr 運転した後に 700°C 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。市販 DH-2 油は灰分が堆積したのに対し、硫酸灰分 0.1 wt% の無灰エンジン油では微小な堆積量であった (Fig. 1)。

Table 2 Test oil properties

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

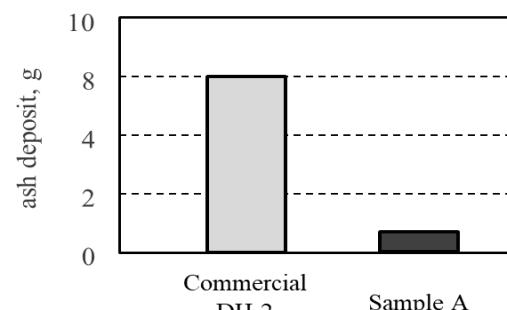


Fig. 1 Ash deposit after DPF loading test

4. エンジン耐久試験

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 規格に設定されたエンジン試験と、エンジン油の使用環境をさらに過酷に設定した独自のエンジン耐久試験を実施した。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、ストーク分散性、高温酸化防止性など全てのエンジン試験に合格し、実験室的性能試験にも合格した (Table 3)。一方で、JASO DH-2 規格には硫酸灰分の下限値が設定されており、金属分を含まない無灰エンジン油は本項目を満足しない。

より過酷な条件でのエンジン油性能を評価することを目的に、JASO DH-2 規格のピストン清浄性試験 (JASO M336) と動弁系摩耗防止性試験 (JASO M354) から、試験時間を延長し、オイル補給の有無などを変更した (Table 4)。設定した試験条件にて市販 DH-2 油も評価し、比較基準油とした。

Table 3 Results of JASO DH-2 test

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

Table 4 Test conditions of 300hour test

	JASO M336/M354	Test conditions
Speed, rpm	2800	←
Test duration, hr	200	300
Oil sampling	Every 40hr	←
New oil supply during test	Yes	No
Evaluation parts	Piston detergency Valve train wear	← ← Other parts*

*Piston rings, metals, cylinder liners, valve clearances, tappets, bush rods, pistons, valve weights, valve sinks, rocker arms, valve stems, cam nose, etc.

300 時間試験後のピストン評価結果 (WTD : Weighted Total Demerit, 加重総デメリット) を Fig. 2 に示す。試験条件を過酷に設定したことにより、市販 DH-2 油の WTD は規格試験 (200 時間) の基準値 (740 以下) よりも大幅に悪化した。一方で、無灰エンジン油の WTD は 631 となり、300 時間試験後においても JASO DH-2 規格の合格基準値内であり、市販 DH-2 油より良好なピストン清浄性を示した。また、無灰エンジン油の試験後のタッピット摩耗量摩耗量は $9.1 \mu\text{m}$ となり、JASO DH-2 規格値 ($11.3 \mu\text{m}$ 以下) を満足し、市販 DH-2 油同等以上の耐摩耗性を示した (Fig. 3)。さらに、カム、ピストンリング、シリンダーライナーなどの摺動部や、軸受メタルでの異常摩耗も確認されなかった。

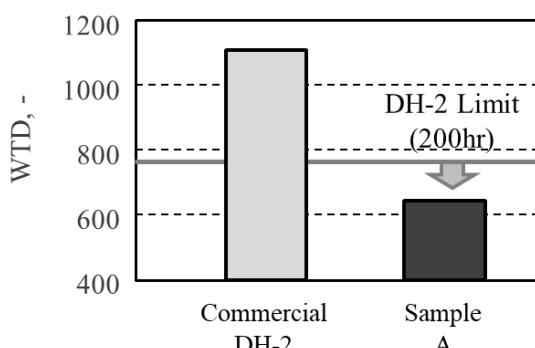


Fig. 2 WTD after 300hour test

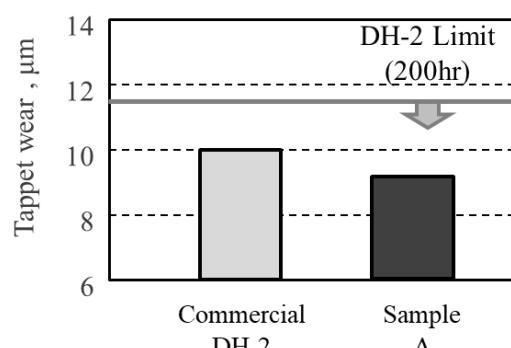


Fig. 3 Tappet Wear after 300hour test

5. まとめ

排出ガス後処理装置のひとつである DPF に対し、エンジン油由来の灰分堆積をゼロにすることが出来る無灰エンジン油の性能評価を実施した。各種エンジン試験、DPF 堆積試験において、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 (Sample A) の性能を評価した。
- (2) Sample A は、JASO DH-2 規格の全てのエンジン試験と実験室的性能試験に合格し、さらに過酷なエンジン耐久試験にて市販 DH-2 油同等以上のピストン清浄性と耐摩耗性を示した。
- (3) DPF 目詰まり試験により、Sample A は市販 DH-2 油と比較し、DPF の堆積物を大幅に低減した。

本結果は、エンジン油の必須成分と考えられてきた金属系清浄剤と金属系耐摩耗剤を含有しないエンジン油の可能性を示した。さらに、本開発油は、DPF への灰分堆積による再生回数の増加を抑制できる可能性を示唆しており、再生処理で使用する燃料の使用量の削減など、省燃費性向上への寄与も期待できる。

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 (2023.02.15)
- 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) 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)