

商用車用ディーゼルエンジン油の 0W-20 以下の低粘度化にむけた課題

Challenge for Heavy Duty Diesel Engine Oil of lower than 0W-20

シェルルブリカンツ（正）*羽生田 清志

Shell Global Solutions US (非) グウェナエル・フィリバート, オルワセイ・オグンソラ, ジエイソン・ブラウン,
マシュー・アーバナク, サラ・レマート

Kiyoshi Hanyuda*, Dr. Gwenaelle Philibert**, Dr. Oluwaseyi Ogunsola**, Dr. Jason Brown**,
Matthew Urbanak**, Dr. Sarah Remmert **

*Shell Lubricants Japan, ** Shell Global Solutions US

1. はじめに

地球温暖化対策は全世界で取り組みが行われているところである。自動車業界もその例外ではなく、車両の燃費向上のため、様々な技術が改良・導入されている。エンジンに使用される潤滑油であるエンジン油も、車両の燃費向上に貢献できる材料の一つであり、近年、乗用車セクターでは低粘度化、例えば 0W-20 や 0W-16 の採用が燃費向上、すなわち、CO₂ 排出量の削減に効果的な手法であることが証明されている。

一方で、トラックやバスなどの大型商用車セクターに用いられている高負荷ディーゼルエンジンでは、欧米を中心圧倒的多数が 15W-40 の高粘度エンジン油を使用している。省燃費油として、10W-30 や 5W-30 などの粘度グレードの製品が市場には存在しているが、これらの粘度グレードの普及は日本以外では十分とは言えない状態である。

高負荷ディーゼルエンジンにおいても低粘度化による CO₂ 排出量の削減は、効果的であると考えられる。しかしながら、乗用車セクターで普及している 0W-20 のような低粘度エンジン油を用いて、従来の高粘度な 15W-40 と同様のエンジン保護を確保するためには、添加剤処方は現在市販されているものと比較して大幅な設計変更が必要となる。

ここでは、0W-20 よりも低粘度な高負荷ディーゼルエンジン向け 0W-12 プロトタイプ油の摩耗保護性能をいくつかの実験室レベルの摩擦摩耗試験で調査した結果を述べる。

2. 試験条件および供試油

2.1 試験条件

今回の調査では、以下の 3 種の摩擦摩耗試験機を用いた。それぞれの試験機で用いた試験条件を Table 1 に示す。いずれの試験も点接触条件 (ball-on-disc または ball-on-plate) で実施した。

Table 1 Test conditions of each test equipment

Test equipment	MTM-SLIM	PLINT TE77	SRV
Test condition	Geometry: Ball on disc Time: 120 min Temperature: 100°C Load: 30N SRR: 50% Speed adjusted to meet $\lambda=0.5$	Geometry: Ball on plate Time: 120 min Temperature: 100°C Load: 200N Frequency: 50Hz Stroke Length: 4mm	Geometry: Ball on plate Time: 120 min Temperature: 100°C Load: 300N Frequency: 50Hz Stroke Length: 4mm

2.2 供試油

摩擦調整剤 (FM) の影響調査に用いた供試油の概要を Table 2 に、処方中のリン濃度の影響調査に用いた供試油の概要を Table 3 にそれぞれ示す。いずれの供試油も粘度グレードは 0W-12 に調整し、リン濃度 0.08%，硫酸灰分 0.5% を基準 (Baseline) としている。

Table 2 Outlook of the tested oils for FM evaluation

Oil No	Test oil ID
0	Baseline (no FM)
1	Baseline+FM1
2	Baseline+FM2
3	Baseline+FM3
4	Baseline+FM4

Table 3 Outlook of the tested oils for phosphorous evaluation

Oil No.	Test oil ID	Formulation description
A	0.08P	Baseline
B	0.04P	Reduced phosphorous

3. 評価結果

3.1 摩擦調整剤 (FM) の影響調査

供試油 0~4 を用いて、 FM が摩耗特性に与える影響を各試験装置を用いて調査した。結果を Table 4 に示す。

Table 4 Test results of each wear test

Oil No.	Test oil ID	MTM		PLINT TE 77		SRV	
		Average thickness, nm	On-set time film formation, min	Scar depth, μm	Wear volume, mm^3	Scar depth, μm	Wear volume, mm^3
0	Baseline (no FM)	48	20	1.5	0.002	1.3	0.001
1	Baseline + FM1	59	30	1.8	0.002	15.0	0.01
2	Baseline + FM2	9	120	3.8	0.003	1.2	0.002
3	Baseline + FM3	60	15	3.6	0.005	1.4	0.002
4	Baseline + FM4	38	10	7.8	0.011	1.6	0.002

FM が摺動部の表面において、 ZnDTP などで形成されるトライボ被膜と競争関係にあることはよく知られている¹⁾。しかし、 FM の種類（構造）によっては、トライボ被膜との相互作用が異なり、耐摩耗性への影響が異なってくることが想定される。

一方で、摩擦摩耗試験は、試験装置によって摺動部の接触環境が異なるため、同じ処方の比較でもそれぞれの試験装置で得られる結論が異なる可能性がある。Table 4 に示す通り、各試験は点接触という点では共通しているが、各供試油の耐摩耗性の順位は異なる。例えば、摩耗痕深さの点では、TE77 において供試油 1 (Baseline + FM1) が最も浅かったが、同試料は SRV においては、最も深い摩耗痕を与えた。また、MTM における被膜の厚さでは供試油 3 (Baseline + FM3) が優れているが、TE77 や SRV の摩耗試験において摩耗が最も少ないわけではない。

3.2 リン濃度とトライボ被膜形成の関係調査

低粘度化の課題である耐摩耗性に影響する要素で、エンジン油処方の観点で最も大きく関与するものは ZnDTP である。その添加量は一般に油中のリン元素濃度で述べられる。ここでは、ZnDTP の濃度、すなわち油中リン濃度を 0.04% と 0.08% の 2 水準用意し、MTM-SLIM を用いてトライボ被膜の厚さ及び形成にかかる時間を比較し、耐摩耗性への影響を推定した。結果を Fig. 1 に示す。

基準となる供試油 A (リン濃度 0.08 重量%) に対して、リン量を半減した供試油 B (リン濃度 0.04 重量%) はトライボ被膜の形成までに必要な時間が長くなり、かつ得られる被膜の厚さが薄くなるという結果を示した。3.1 で示した通り、トライボ被膜の厚さが直接摩耗深さと関係するわけではないが、更なるリン量の低減要求がある場合は、耐摩耗性に十分注意を払った添加剤構成を考えなければならないことを示唆している。

4. まとめ

- 高負荷ディーゼルエンジンにおいても、エンジン油の低粘度化 (0W-20 以下) は、二酸化炭素排出量を削減する上で重要な役割を果たす。
- 3 つの代表的な摩擦摩耗試験機 (MTM-SLIM, PLINT TE 77, および SRV) を用いて点接触条件で、使用する FM を変えて供試油の耐摩耗性能を比較した。FM の耐摩耗性への影響の度合いは試験装置で異なり、それに伴い各 FM の耐摩耗性の順位が試験により変化することを示した。
- 処方中のリン量を削減すると、生成するトライボ被膜が薄くなるだけではなく、トライボ被膜が形成されるまでに必要となる時間が長くなることを示した。
- 高負荷ディーゼルエンジンのエンジン油の省燃費性能を向上させるため低粘度化する際には、使用する FM の耐摩耗性への影響（トライボ被膜の形成速度を含む）を多角的に評価して、採用する基材を選定する必要がある。

文献

- 1) 例えば、A.G.Papay, 西川芳弘, トライボロジスト, 1995 年 (Vol. 40) 4 号 274 頁.

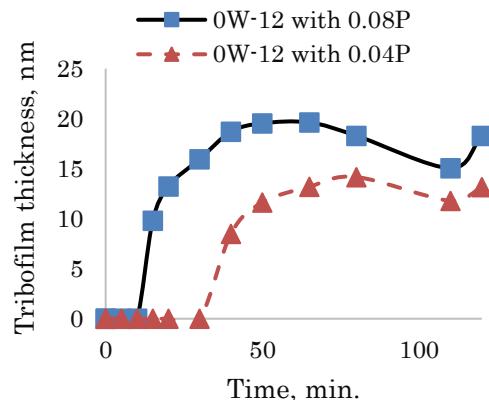


Fig. 1 Comparison of phosphorous concentration on the tribofilm thickness