

ハイブリッド車における MoDTC 及び低粘度化による省燃費効果

The Fuel Economy Improvement Effect of MoDTC with Low Viscosity Engine Oil under Hybrid Electric Vehicle

ADEKA (正) *高野 紘一 (非) 飯野 真史 (正) 山本 賢二 (正) 森泉 幸也

Koichi Takano, Shinji Iino, Kenji Yamamoto, Yukiya Moriizumi

ADEKA Corporation

1. はじめに

気候変動へ対応するため CO_2 排出量の削減が求められており、2050 年のネットゼロ達成に向けて BEV などのゼロエミッション車への移行が推進されている。しかしながら、完全な移行にはインフラ整備などの課題が多く、時間を要することが予想される。それに対して、HEV などの内燃機関を有する電動車は既存インフラを使いつつ CO_2 排出量を削減可能であり、今後も重要な役割を果たすことが期待される。また、ネットゼロ達成に向けた施策の一つとしてカーボンニュートラル燃料の使用が検討されているが、そのコストは既存燃料の 2 倍以上になると見込まれているため、潤滑油による燃費向上はカーボンニュートラル燃料の普及後も引き続き重要となる。

潤滑油の低粘度化及び摩擦低減剤の適用によるエンジンの摩擦損失低減は、エンジンの熱効率向上のための一つの技術である¹⁾。代表的な摩擦低減剤であるモリブデンジアルキルジチオカルバメート (MoDTC) はエンジンにおける燃費改善効果が認められており、ICE では MoDTC 配合低粘度油は優れた省燃費性能を示すことが報告されている²⁾。本検討では、HEV における MoDTC 及び低粘度化による省燃費効果の評価を目的に、モータリングエンジン試験及びシャシダインオモ試験を実施した。

2. 実験・結果

2.1 評価油

本検討で用いた MoDTC の構造を Fig. 1 に、評価油とその粘度特性を Table 1 にそれぞれ示す。下記シャシダインオモ試験に用いた車両の純正油である 5W-30 油 (No. 1), 0W-20 油 (No. 2) と MoDTC 未配合 0W-16 油 (No. 3) を比較することで、低粘度化の効果を評価した。また No. 3 と MoDTC 配合の 0W-16 油 (No. 4, 5) を比較することで、MoDTC の効果を評価した。併せて、No. 4, 5 を比較することで MoDTC の構造の影響を調査した。

Table 1 Tested oils

No.	Name	Additive technology	Base oil	KV, mm^2/s		VI	TBS, $\text{mPa}\cdot\text{s}$		Noack %
				40 °C	80 °C		80 °C	150 °C	
1	5W-30 non MoDTC	SN Plus	no data	69.8	12.0	171	11.6	3.3	<15
2	0W-20 non MoDTC	SN	no data	46.7	9.0	178	9.4	2.8	<15
3	0W-16 w/o MoDTC	GF-6	Gr. III Plus	27.8	6.3	187	6.9	2.3	<15
4	0W-16 w/ MoDTC (std.)	GF-6	Gr. III Plus	28.1	6.4	189	7.0	2.3	<15
5	0W-16 w/ MoDTC (L)	GF-6	Gr. III Plus	28.1	6.3	188	7.1	2.3	<15

2.2 モータリングエンジン試験

試験条件を Table 2 に、50 °C における摩擦トルク改善率を Fig. 2 にそれぞれ示す。また、本試験結果を用いて JASO M365 に基づいて算出した燃費改善率を Fig. 3 に示す。

MoDTC 無添加処方で比較すると、0W-20 から 0W-16 に低粘度化することで燃費が 0.7 % 向上した。また、0W-16 油に MoDTC を添加することで燃費が 0.3~0.5 % 向上した。MoDTC の構造に関しては、アルキル鎖長が C8/C13 である MoDTC (std.) の方が優れた省燃費効果を示した。50 °C における摩擦トルク改善率に着目すると、MoDTC (std.) は低回転域で摩擦トルク低減効果を確認できたが、MoDTC (L) では確認できなかった。

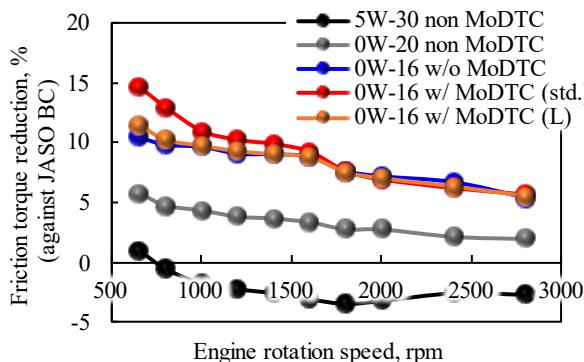


Fig. 2 Motored engine test results at 50 °C

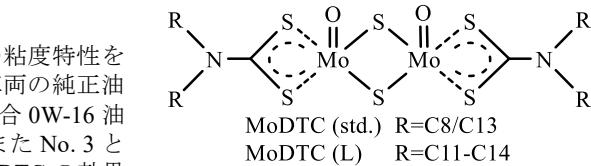


Fig. 1 Chemical structure of MoDTC

Table 2 Motored engine test parameters

Parameters	Conditions
Engine	L4 / 2.0 L
Bore × Stroke	$\phi 84.0 \times 90.1$ mm
Engine rotating speed	650 to 2,800 rpm
Test temperature	50, 80 °C

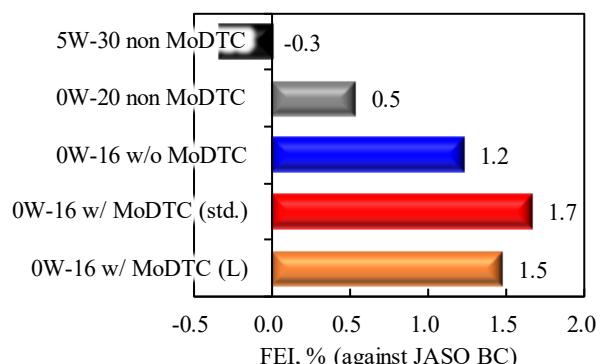


Fig. 3 FEI (Motored engine test)

2.3 シャシダイナモ試験

HEV を用いたシャシダイナモ試験の試験条件を Table 3 に示す。燃費はカーボンバランス法で算出した。基準油の燃費測定は各評価油の測定前後で行い、それらを平均した結果を用いて各評価油の燃費改善率を算出した。

Table 3 Chassis dynamo test parameters

Parameters	Conditions
Vehicle type	SUV
Engine type	L3, 1.5 L, Gasoline, single T/C
Engine spec.	105kW, 215 N·m max
Motor spec.	40 kW, 195 N·m max
Evaluation item	Fuel Economy Improvement (FEI) vs. 0W-20 baseline oil
Test fuel	CEC RF-02-08 (EU5 Ref. Gasoline)
Test procedure	WLTP

試験中の車速とエンジン回転数、油温の推移を Fig. 4 に示す。なお、ICE のデータは既報のシャシダイナモ試験のデータを引用した²⁾。HEV ではエンジンが断続的に作動している。サブサイクルの Low フェーズではエンジンはほとんど作動せず、試験サイクルが進むにつれて作動割合が高くなった。このため、ICE と比較して油温が全体的に低く、サブサイクルの Medium フェーズでは 20~30 °C 程度、High フェーズでは 15~20 °C 程度、Ex-High フェーズでは 10~15 °C 程度の差異が見られた。

次に本試験各サイクルにおける燃費改善率を Fig. 5 に示す。モータリングエンジン試験と同様に、低粘度化と MoDTC による省燃費効果が確認された。0W-20 から 0W-16 への低粘度化は主に Low 及び Medium フェーズで燃費向上に寄与した。また、MoDTC (std.) はすべてのサブサイクルで燃費を向上させた。一方で、MoDTC (L) は Low 及び Medium フェーズでは燃費が低下した。

続いて、本試験結果を用いて算出した LMH 燃費の改善率を Fig. 6 に示す。0W-20 から 0W-16 への低粘度化では燃費が 0.1% 向上した。また、0W-16 油への MoDTC (std.) の添加では燃費が 1.1% 向上したことに対し、MoDTC (L) では燃費がほとんど向上しなかった。

3. 考察

0W-20 から 0W-16 への低粘度化効果は、油温が低い Low 及び Medium フェーズで得られたものの、油温が高い High 及び Ex-High フェーズでは得られなかつた。High 及び Ex-High フェーズでは低粘度化による油膜抵抗の低下と摩擦表面の接触頻度上昇による抵抗の増大が拮抗したと考えられる。0W-16 油へ MoDTC を配合することで High 及び Ex-High フェーズで燃費が向上していることから、MoDTC によって接触部におけるせん断抵抗が低下したと推測される。また、MoDTC (std.) 配合油は Low フェーズでも燃費が向上しており、従来効果が得られにくいとされてきた低温環境でも MoDTC (std.) は摩擦低減効果を発揮する可能性が示唆された。一方で、MoDTC (L) は低温環境では省燃費効果を示さなかつた。MoDTC (L) はエンジン油への溶解度が高いため金属表面に吸着しにくく、低温では効果的に MoS₂ 被膜が形成されないため、効果が得られなかつたと推察している。

4. まとめ

HEV における MoDTC 及び低粘度化による省燃費効果を評価した。両者ともに HEV にて燃費向上に寄与することが確認されたが、MoDTC はその構造によって燃費改善率が大きく異なり、MoDTC (L) と比較して MoDTC (std.) は優れた省燃費性能を有することが示された。とりわけ低温での性能差が大きく、MoDTC (L) は低温環境 (Low 及び Medium フェーズ) では効果を示さなかつたことに対し、MoDTC (std.) は低温環境でも効果を発揮した。本研究により、油温が相対的に低い HEV においても MoDTC (std.) を配合した低粘度油が燃費向上に効果的であることが示された。

文献

- 1) K Hayashi, et al.: Tribo-technologies for improving fuel efficiency, Proceeding of World Tribology Congress 2009, 584 (2009)
- 2) K. Yamamoto, et al.: The Study of Friction Modifiers to Improve Fuel Economy for WLTP with Low and Ultra-Low Viscosity Engine Oil, SAE2019-01-2205

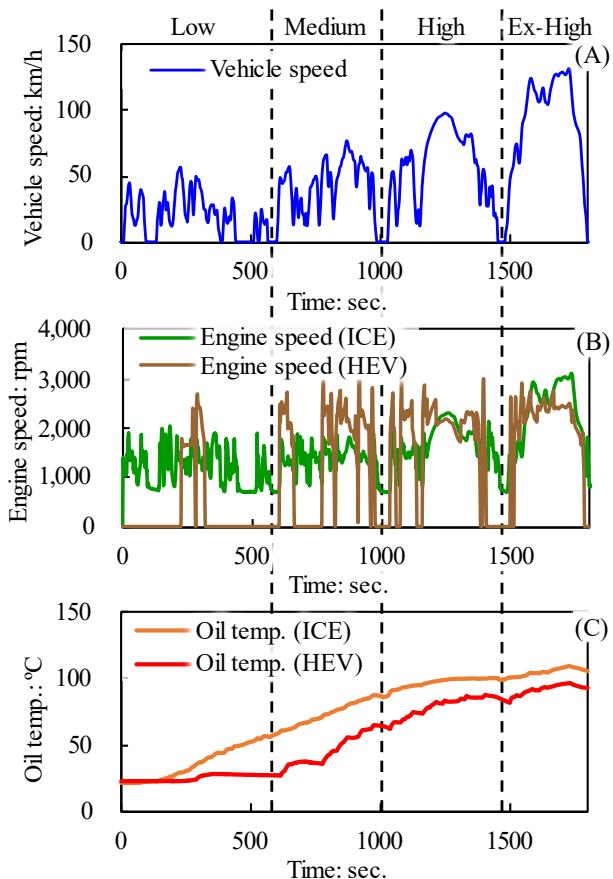


Fig. 4 (A) Vehicle speed, (B) Engine speed, (C) Oil temperature

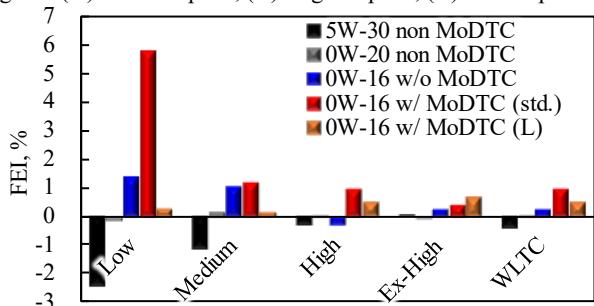


Fig. 5 FEI of each sub cycles and WLTC

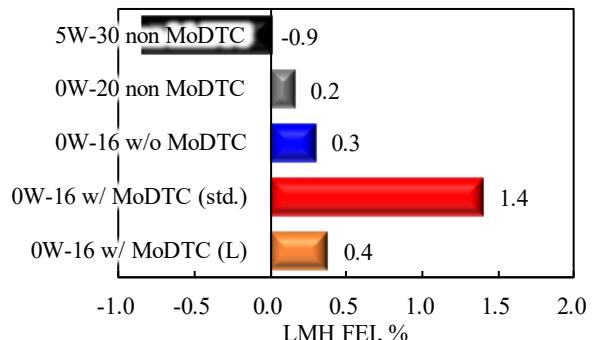


Fig. 6 Calculated LMH FEI