

カーボンニュートラルに貢献するエンジンオイルの技術

Engine Oil Technology that Contributes to Carbon Neutrality

トヨタ自動車（正）*山守 一雄

Kazuo Yamamori*

*Toyota Motor Corporation

1. はじめに

カーボンニュートラルに向け、BEV や HEV など電動車の CO₂ 削減が進められている。HEV、PHEV に搭載されるエンジンの省燃費性能の向上は、依然として重要な課題であり、エンジンオイルも CO₂ 削減に大きな役割を果たしてきた。エンジンオイルの省燃費技術としては、0W-16 や 0W-8 といった低粘度化が進められており、新型車の CO₂ 削減に貢献している。一方、従来の低粘度化は、高温の粘度も下がるため、油圧の確保などエンジン側の適合も必要である。この課題に対し、高温の粘度は、従来のオイルと同等以上で、中低温の粘度のみ低粘度化するフラット粘度オイル技術も検討されている。この技術は、新型車だけでなく、既販車の燃費向上にもつながり、カーボンニュートラルに大きく貢献できる可能性がある。この様な省燃費オイルを世の中で広く使用してもらうためには、新しいエンジンオイル規格の制定も必要となる。

2. ガソリンエンジンオイルの規格動向

エンジンオイルの規格には、粘度の分類を示す SAE (Society of Automotive Engineers) 規格や品質グレードを示す API (American Petroleum Institute) 規格等がある。エンジンオイルの粘度分類は SAE J300 で規定されており、2013 年に SAE 16 が、2015 年には SAE 12, SAE 8 が追加になった。2015 年 11 月には、API SN/RC 規格に SAE 0W-16 の規定が追加され、2019 年 3 月に SAE 0W-8, 0W-12 に対応する新しい JASO (Japanese Automobile Standards Organization) GLV-1 規格が発行された。これにより、JASO GLV-1 0W-8 のオイルも市販化され、省燃費性向上に貢献している¹⁾。

3. ガソリンエンジンオイルの省燃費技術

エンジンオイルの燃費向上技術は、一般的に添加剤処方による低摩擦化、オイルの低粘度化による粘性抵抗低減の 2 つの手段がある。また、エンジン技術の進化や、地球環境保護のために排気規制が強化されるなどの理由により、エンジンオイルの耐久性向上にも対応しながら、燃費向上を目指す必要がある。

4. 超高粘度指数化による省燃費性向上

エンジンオイルの低粘度化にも背反となる課題があり、SAE 0W-8 より先の低粘度化は技術的、また普及の上でも壁があると考えられている。それは、コストパフォーマンスに優れる炭化水素系の材料で、"0W-4" のようなエンジンオイルの基油を作ることは技術的に不可能であり、また、エンジンハードの変更が大きくなりすぎるため、燃費メリットが相殺される懸念があるためである。そのため、エンジンオイルによる更なる省燃費性向上には、従来と異なる新たな着眼点が必要となる。

ここで、HEV や PHEV におけるエンジンの使われ方に着目する。Figure1 は、現在日本で採用されている WLTC (Worldwide harmonized Light Vehicle Test Cycles) モード走行時の従来型エンジン(Conventional) 車両と HEV の油温変化を示す。HEV は Conventional 車両と比較して、走行中の油温上昇が顕著に遅くなっている。これは、エンジンを間欠運転することで、車両としての省燃費性を向上させているためである。そのため、従来より低い温度域でも摩擦損失を低減する必要があり、以下のような一見相反する特性の省燃費エンジンオイル(フラット粘度オイル、Flat Viscosity Oil) が提案されている²⁾。 (Fig. 2)

- (1) 高温域の粘度は従来規格同等で、信頼性を確保する。
- (2) 低～中温域の粘度を更に低減する事で、HEV/PHEV の使われ方でも効果的に省燃費性を發揮する。

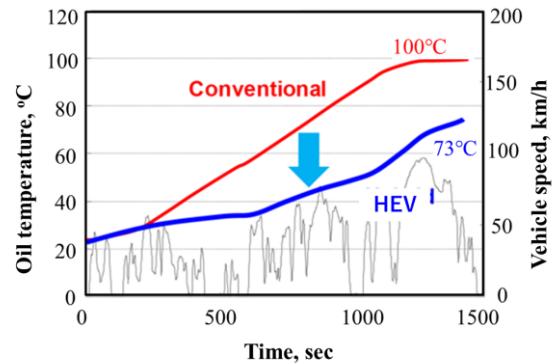


Fig1. Engine oil temperature trend during WLTC mode

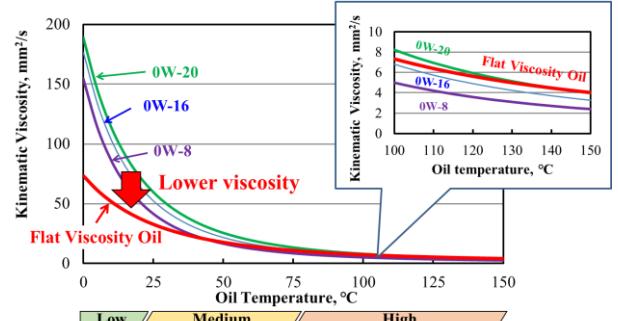


Fig2. Viscosity profile of Flat Viscosity Oil

このような粘度特性は、基油を低粘度化し、高性能な VM (Viscosity Modifier) を多く添加することで実現することが出来る。一方、基油の低粘度化は、エンジンにおける蒸発起因のオイル消費量増加につながるため、オイル消費を大きく悪化させない範囲に蒸発性を抑える必要がある。現在、エンジンオイルの蒸発性指標として、NOACK 試験法 (ASTM D5800) が使用されているが、試験温度が高すぎるため、実エンジンの蒸発オイル消費との相関が良くない。そのため、試験温度をシリンドラボア壁面の温度に近づけ、150°Cで評価する NOACK 試験 (Mod.NOACK 試験法) の方が、相関が改善されるという検討結果がある³⁾。従来の NOACK 試験法はエンジンオイルを 250°Cで 1 時間加熱し、その間の蒸発量の質量低減率%を算出する。これに対し、Mod. NOACK 試験法は試験温度を 150°Cとし、蒸発量の計測精度を向上させるために、試験時間を 12 時間まで延長し、4~12 時間の蒸発速度で比較している。この Mod. NOACK 試験法の相関性に関しては、2L の直列 4 気筒エンジンを用いたオイル消費試験と、それぞれの蒸発性試験法で評価し、確認されている³⁾。

Figure3 に、GF-6B 0W-16 を基準とした、フラット粘度 0W-16 試験オイル(Table1)の燃費向上率を示す。Test oil 3, 4 は、GF-6B 0W-16 に対し、+0.6%以上省燃費性能が向上。Test oil 2, 3, 4 では、GLV-1 0W-8 を超える省燃費性能を示している。中でも、Test oil 3 は、GLV-1 0W-8 に対し、+0.2%省燃費性能が向上している。

5. エンジンオイルによるカーボンニュートラルへの貢献

エンジンオイルは新車に充填されることで、燃費向上、CO₂削減に貢献する。更に車両が販売された後も、エンジンオイルはメンテナンスとして定期的に交換される。このフラット粘度オイルは、高温側の粘度を従来の SAE 0W-16 や SAE 0W-20 の粘度を維持することで信頼性を確保する設計であり、販売済みの車両(保有車)にも使用できる可能性が高い。車両の平均使用年数は日本でも 13 年を超え⁴⁾、世界の乗用車の保有台数は 10 億台以上あると言われている⁴⁾。ここで、CO₂削減量を見積ることにする。Tank to Wheel で台当たりの CO₂排出量が 130g-CO₂/km (試算値)の車両が年間 1 万 km 走行すると 1300kg-CO₂/台になる。日本の新車乗用車の販売台数(2019 年)は 430 万台⁴⁾、日本の乗用車保有台数(2019 年)は 6214 万台があるので、これらの車両が 0.7%燃費改善効果のあるエンジンオイルに交換されたとすると、新車で年間 3.9 万台、保有車で年間 56.5 万台の CO₂が削減できることとなる。さらに世界の 10 億台の保有乗用車に使用されることになれば、910 万台もの CO₂排出量を削減できるポテンシャルがあることを示している。この削減効果は、2019 年の日本における自動車製造工程からの CO₂排出量：583 万台⁴⁾の約 1.6 倍に相当し、カーボンニュートラルに大きく貢献する。このフラット粘度オイルを普及させるためには、新しいエンジンオイル規格の制定が必要である。

6. おわりに

BEV や HEV など電動車の CO₂削減が進められている中、エンジンオイルも SAE 0W-8 まで低粘度化が進められ、新車の省燃費性能向上に貢献してきた。現在、更なる CO₂削減を目指し、フラット粘度オイル技術の研究も進められている。この技術は、新車への適用による省燃費性能の向上のみならず、既に市場に流通している車両にも適用出来る可能性が高く、より大きな CO₂削減効果が期待でき、カーボンニュートラルに大きく貢献できると考えている。この様な省燃費オイルを世の中で広く使用してもらうためには、技術開発に加え、新しいエンジンオイル規格の制定も必要となることから、自動車、石油、添加剤業界や、研究機関が力を合わせ、取り組んでいくことが求められる。

文献

- 植松・山守・宮田・楠原・三崎：低燃費エンジンオイル 0W-8 の開発 自動車技術会 2019 年秋季大会学術講演会 講演予稿集
- K. Yamamori, Y. Uematsu, S. Hirano, N. Ishizaki, S. Mori, T. Suzuki & K. Wada “Research on Ultra-High Viscosity Index Engine Oil: Part 1 - “Flat Viscosity” Concept and Contribution to Carbon Neutrality,” SAE Technical Paper 2022-01-0525, 2022, doi:10.4271/2022-01-0525
- T. Koyama, T. Suzuki, K. Yamamori, Y. Uematsu, S. Hirano & K. Wada “Research on Ultra-High Viscosity Index Engine Oil: Part 2 - Influence of Engine Oil Evaporation Characteristics on Oil Consumption of Internal Combustion Engines,” SAE Technical Paper 2022-01-0524, 2022, doi:10.4271/2022-01-0524.
- JAMA - 一般社団法人日本自動車工業会：統計資料、日本の自動車工業、2021 年版、(https://www.jama.or.jp/library/publish/mioj/ebook/2021/MIoJ2021_j.pdf (2022 年 9 月現在))

Table1 Properties of test oils for fuel economy

		GLV-1 0W-8	GF-6B 0W-16	Test oil 1	Test oil 2	Test oil 3	Test oil 4
Viscosity grade		0W-8	0W-16	0W-16			
Kinematic viscosity	40°C	23.4	30.0	24.0	23.1	21.9	21.0
	100°C	5.0	6.8	6.6	6.6	6.7	6.6
	150°C	2.4	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6
Viscosity index		146	196	252	265	294	310
HTHS 150°C		mPa·s	1.8	2.4	2.4	2.4	2.5
NOACK(250°C)		wt%	13.0	13.2	21.0	21.0	29.1
Mod. NOACK(150°C)		wt%/h	0.15	0.17	0.29	0.31	0.44

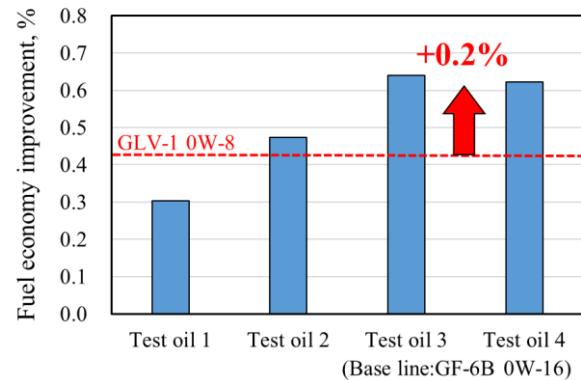


Fig.3 Fuel economy performance of Flat Viscosity 0W-16 test oils evaluation