

低粘度油溶性 PAG – 電気自動車用フルードのために設計された新しいグループ V 基油

Low Viscosity Oil Soluble PAG – A New Group V Base Oil Designed for Electric Vehicle Fluid

ダウ・ケミカル日本（正）*大宮 尊 ダウ・ケミカル中国（非）韩耀坤

*Takeru Omiya, **Ken Han

*Dow Chemical Japan Limited, **Dow Chemical China Investment Co. Ltd.

1. はじめに

近年、地球温暖化対策や持続可能な社会の実現に向けた取り組みの一環として、電動車両（EV）の普及が急速に進展している。これに伴い、EV のパワートレイン設計も大きく進化しており、モーター、ギア、トランスミッションを一体化した「3-in-1」構造が主流となりつつある。このような統合型パワートレインは、車両の軽量化、設計の簡素化、製造コストの削減、さらにエネルギー効率の向上など、多くの利点をもたらす。

しかしながら、これらの利点の一方で、潤滑油に対する新たな技術的課題が浮上している。従来の内燃機関車両とは異なり、EV ではモーターの冷却とギアの潤滑を同時に担うフルードが求められるため、使用される基油には、低粘度でありながら高い熱伝導性、誘電特性、摩擦制御性能、および材料との高い適合性が要求される。特に、油冷式モーターの採用が進む中で、フルードに求められる熱管理性能と電気絶縁性の両立は、EV の性能と信頼性を左右する重要な要素となっている。

このような背景のもと、ポリアルキレングリコール (PAG) を油溶性に改質した低粘度 E-OSP (Oil Soluble PAG: OSP) は、EV 用途における潤滑油の新たな構成要素として高い可能性を有しており、次世代のグループ V ベースオイルとして近年注目されている。本研究では、これらの課題に対応するために開発された新しいグループ V 基油である E-OSP に着目し、その物性、トライボロジー特性、および材料適合性を多角的に評価した。E-OSP は、従来の炭化水素系基油（例えば、グループ III, GTL, PAO）では達成が困難であった性能要件を満たす可能性があり、次世代 EV フルードの基盤技術としての応用が期待される。

2. 実験方法

本研究では、新規グループ V 基油である E-OSP を対象に、電動車両（EV）用フルードとしての適性を多角的に評価した。特に、異なる粘度グレードを持つ「E-OSP 2 (KV100 = 1.3-2.5 mm²/s)」、「E-OSP 3 (KV100 = 3 mm²/s)」、「E-OSP 4 (KV100 = 4 mm²/s)」に着目し、以下の各種試験を実施した。

2-1. 基油物性評価

E-OSP の基本的な物性を把握するため、動粘度、粘度指数 (VI)、流動点、引火点、および低温粘度特性を測定した。比較対象として、グループ III および PAO 基油を用いた。

2-2. 粘度指数向上剤 (VII) との相互作用

E-OSP と粘度指数向上剤 (VII) との相互作用を評価するため、OCP (オレフィン共重合体) を 1 wt.% また、PAMA (ポリアルキルメタクリレート) を 5 wt.% 添加し、VI および低温粘度特性への影響を評価した。

2-3. 摩擦特性評価

摩擦特性性能を評価するため、Mini Traction Machine (MTM) を用いて、80°C および 120°C の試験温度、荷重 37 N、すべり速度 1 m/s、スチールボール対スチールディスクという条件下で測定した。グループ III 基油の 100°C 動粘度が 4 mm²/s の Gr.III 4 を基準として、E-OSP 3 および E-OSP 4 の摩擦係数を測定した。

2-4. 材料適合性試験

E-OSP の材料適合性を確認するため、各種エラストマー（シリコンゴム、フッ素ゴム、HNBR ゴム）および絶縁材料（ポリイミド、ポリエステル、アラミド紙）と接触させる試験を行った。試験条件は 100°C で 14 日間の浸漬とし、寸法変化、重量変化、貯蔵弾性率（機械的特性）、および外観変化を測定した。

3. 実験結果

3-1. 基油物性評価

E-OSP の動粘度、粘度指数 (VI)、流動点、引火点などを測定した結果、E-OSP 3 および E-OSP 4 はそれぞれ VI が 165 および 171 と非常に高い値を示し、広範な温度範囲での潤滑性能が期待されることが示された。また、E-OSP 3 の流動点は -50°C、E-OSP-4 は -56°C と極めて低く、低温環境下での使用に適することが確認された。また、100°C 動粘度が近い PAO 2 と E-OSP 2B の比較においては、E-OSP 2B は VI が高く、低温領域において、比較的良好な流動性を示し、また高引火点を持つことが明らかとなった。

Table 1. Typical properties of E-OSP series.

Typical properties	Unit	E-OSP 4	Gr. III 3	E-OSP 3	PAO 2	E-OSP 2A	E-OSP 2B	E-OSP 2C
Kinematic viscosity @40°C	[mm ² /s]	19.57	12.43	10.07	5.06	7.12	4.62	3.25
Kinematic viscosity @100°C	[mm ² /s]	4.23	3.12	2.99	1.68	2.32	1.67	1.27
Viscosity Index	-	122	112	165	89	157	134	107
Kinematic viscosity @-40°C	[mm ² /s]	-	-	933.9	246.3	531.9	185.6	97.57
Flash point	[°C]	230	204	217	157	205	182	153
Pour point	[°C]	-15	-24	-50	-66	-45	<-65	<-60
Noack @200°C	[wt.%]	-	7.4	6.9	33.4	-	-	-
Volume Resistivity @90°C	[Ω·m]	-	-	3446M	-	400M	-	-

Note: Typical properties, not to be construed as product specification.

3-2. 粘度指数向上剤 (VII) との相互作用

OCP および PAMA を添加した混合系において、E-OSP は VI の向上に寄与し、また低温粘度特性の改善にも効果が見られた。このことから、E-OSP は VII との相溶性が高く、補完的に機能することが示唆された。

3-3. 摩擦特性評価

MTM 試験により、Gr. III 4 に比べて 100°C 動粘度が近い E-OSP 4 はより摩擦低減効果を示した。さらに、より低粘度の E-OSP 3 においても、摩擦係数の低下を示した。これにより、E-OSP は摩擦制御性能を高める基油として有効であることが示された。

3-4. 材料適合性試験

各種エラストマーおよび絶縁材料との適合性評価において、E-OSP は従来基油のグループ III 基油や PAO と比較して、寸法変化、膨潤、および機械的特性の変化が小さく、優れた材料適合性を示した。特にゴム材料に対する化学的安定性に優れており、長期使用時の信頼性向上が期待される。また絶縁紙（アラミド繊維）においても、E-OSP 3 は、SEM（走査型電子顕微鏡）観察においてグループ III 基油と比較して表面の外観変化が少ないことが明らかとなった。

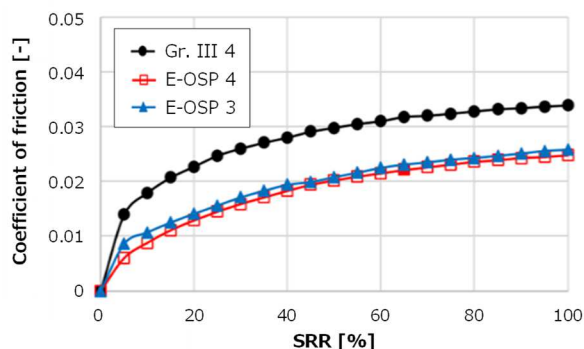


Fig. 1. Evaluation of friction characteristics of E-OSP3 using MTM.

4. おわりに

本研究により、低粘度油溶性ポリアルキレングリコール (E-OSP) は、次世代電動車両用フルードに求められる諸性能を高いレベルで満たす基油であることが明らかとなった。特に、低粘度でありながら高い粘度指数、優れた低温流動性、摩擦制御性能、および材料との良好な適合性を兼ね備えており、EV の統合型パワートレインにおける冷却・潤滑の両立に資する基盤技術として有望である。

今後は、実機環境下での長期耐久性評価に関する検討を進め、E-OSP の実用化に向けた開発を加速していく予定である。