

EV 向け超低粘度エステルについて

Ultra low viscosity ester for Electric Vehicle applications

カーギルヨーロッパ（正）*ガラス ムーディ* カーギルヨーロッパ（非）クリストファー クレイソン*
 カーギルジャパン（正）上野 慶子** カーギルジャパン（正）星野 太一**
 カーギルヨーロッパ（非）ジョン イーストウッド*

Gareth Moody*, Christopher Clayson*, Keiko Ueno**, Taichi Hoshino**, John Eastwood*

*Cargill Europe Ltd, **Cargill Japan

1. はじめに

EV は電気モーターと一般に単速トランスマッショングループシステムを使用し動力を車輪に伝達する。EV 内の効率損失の大部分はパワートレイン内部に起因するため、そこに使用されるフルードの改良は走行距離の延長、消費電力の低減を可能にするものである。低粘度化、低トラクション分子の設計、これら要素を組み合わせることで、最大の効率向上を提供するフルードが実現可能であるⁱ。

また、バッテリーの液浸冷却システムで使用される誘電性流体においても低粘度化は重要な要素であり、同時に、高い熱伝導率と高い比熱容量も兼ね備える必要がある。空冷や冷却板などの他のバッテリー冷却方法と比較してバッテリーパックの浸漬は一定の温度維持としては効率的な方法でありⁱⁱ、バッテリーの寿命の延長だけでなく、熱暴走による発火の恐れも防止できると期待されるⁱⁱⁱ。

トランスマッショングルードとバッテリー冷却用フルードは通常、ギア用では 100°C で 4~6cst、バッテリー冷却用フルードでは 100°C で 3cst 未満 と粘度が異なり、別々のフルードを使用している。将来的にフルードの高機能化、最適化が進行する中で、同じフルードが使用される可能性も考えられる。

今回の報告では、超低粘度フルードについてトランスマッショングルード、およびバッテリー冷却用誘電性流体のコンポーネントとしての使用における特性評価を報告する。

2. 結果

今回、評価に用いたグループVの低粘度エステル基油（以下 LVE1）は、Table1 に示すように 40°C 動粘度 6.1cst、100°C 動粘度 2.0cst、粘度指数 127 の性状を有す。その原材料の約 85% のバイオベース原料であり、かつ、その生分解性としては OCED 301B で 60% 以上の値を有する。高いバイオベース度と高い生分解性は、環境対応の面から考慮される要素である。

Table 1 viscosity of esters used (low viscosity)

Name	KV 40 cSt	KV 100 cSt	VI
LVE1	6.1	2.0	127

2.1 トランスマッショングルード用途での評価

LVE1 とグループIIIおよびIVの MTM 試験機によるトラクション係数を Figure 1 に示す（試験条件：速度 2.2 m/s、ロード 16N、SRR:0~100%）。LVE1 は PAO2 と比較して、全温度帯で非常に低いトラクション係数を示した。

また、LVE1 と銅との適合性は、120°C、24 時間の条件で ASTMD130：銅の腐食試験を行い、油中の銅含有量が 2.0mg/kg で D130 評価が 1b であり、銅に対して腐食性がなく、金属を変色させないことも確認できた。銅腐食の発生は、配合に使用されている添加剤が大きく影響する可能性がある。LVE1 の泡の消失性を評価するために 50°C で ASTM D3427 の試験：空気放出試験により、LVE1 が空気を放出するのに要した時間はわずか 0.7 分だった。

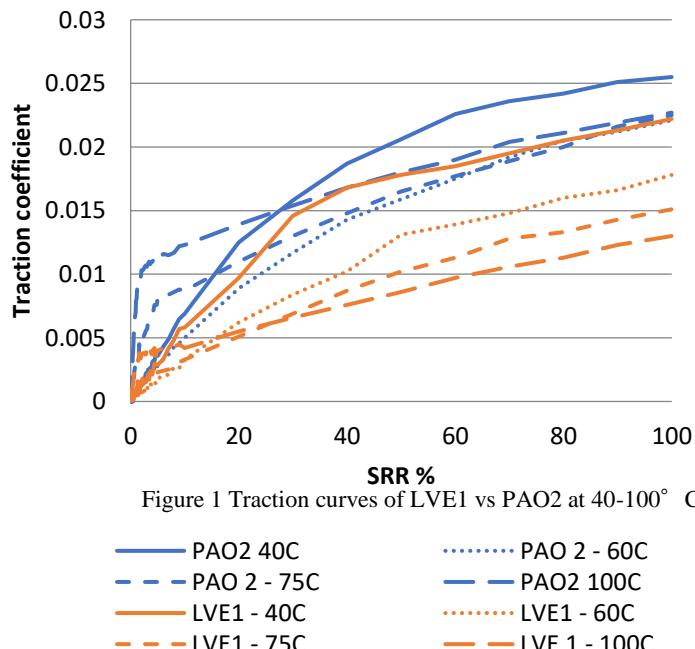
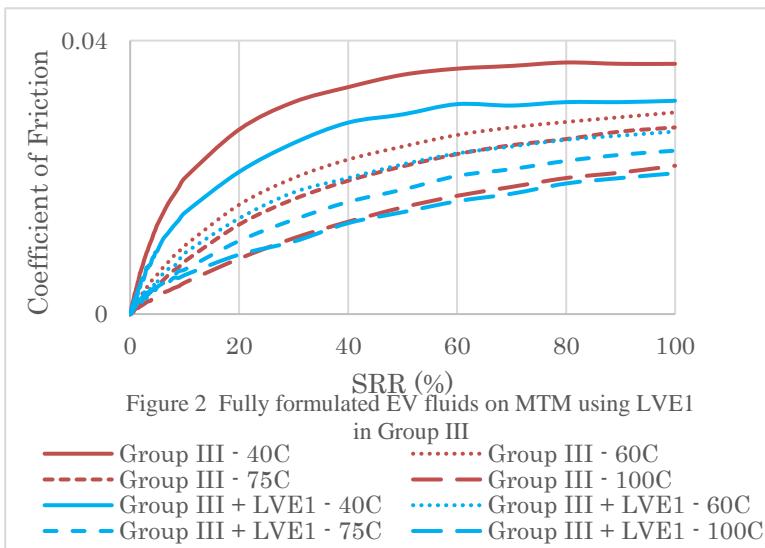


Figure 1 Traction curves of LVE1 vs PAO2 at 40-100°C



2.2 バッテリー冷却用フルードとしての評価

LVE1は2cst (100°C) の低粘度であるにもかかわらず、9.6% の低い NOACK (200°C で ASTM D5800) と高い引火点を有しており、例えばバッテリーパック内の熱暴走が発生した場合でも、発火などの危険性を回避できる可能性がある。また、兼ね備える性質として、電気伝導率が非常に低く、絶縁破壊電圧が非常に高いため、フルードが帶電した場合でも安全と言える。LVE 1は、高い熱特性を持ち、その値は PAO2 よりも高く (Table2)、4 cst のグループ III および IV と同等である。

Table 2 Safety physical properties and Thermal properties of Low vis ester 1 Vs PAO2

Name	Flash COC/°C	NOACK 200°C %	Elec. cond. pS/m	DDP	Breakdown Voltage kV	40°C W/m/K	80°C W/m/K
LVE 1	204	9.6	96	0.0235	86	0.133	0.127
PAO 2	160	28.5	1.33	0.0011	92	0.128	0.116

LVE 1のエラストマーに対する影響を Table2 に示す。LVE1 基油はそのものでは、HNBR エラストマーを約 25% 膨張させるが、PAO や鉱物油などと混合することで膨潤率を管理することができる。

PAO とグループ III 油を 50:50 でブレンドして試験した場合、膨潤率は約 10~12% に減少した (Table2)。少量の膨潤 (約 5%) は、潤滑システムを密閉できるため、オイル漏れを防ぐのに有効である。

Table 3 HNBR elastomer seal swell data of LVE 1.

Name	Tensile strength change	Elongation at break change	Shore hardness change	Volume change
LVE1: PAO 50:50	-0.8%	-1.9%	-8%	10.1%
LVE1 100%	-12.7%	-9.9%	-15%	25.3%
LVE1: GPIII 50:50	6.8%	6.9%	-9%	12%

3. 結論

LVE1 は、電気自動車のトランスミッションフルードとバッテリー冷却用フルードの両方に使用可能である。40~100°C で低いトラクション係数を示し、添加剤パッケージを添加しても性能に悪影響はなかった。NOACK、引火点、電気伝導率、絶縁破壊電圧、熱伝導率において PAO またはグループ III 基油より高い特性を持ち、銅との相性も良好な低泡性である。この低粘度エステルは、極性を有しており、PAO や鉱物油を使用して極性のコントロールが必要であり、それらとの混合は、シール材やエラストマーへの膨潤を許容レベルで管理することができる。

4. 参考文献

- ⁱ Kurihara, Isao, and Osamu Kurosawa. "Design and Performance of Low-Viscosity ATF." SAE Transactions, vol. 116, SAE International, 2007, pp. 805–12,
- ⁱⁱ Charlotte Roe, Xuning Feng, Gavin White, et al. Immersion cooling for lithium-ion batteries – A review, Journal of Power Sources, Volume 525, 2022,
- ⁱⁱⁱ Christopher Hendricks, Nick Williard, Sony Mathew, Michael Pecht, A failure modes, mechanisms, and effects analysis (fmfea) of lithium-ion batteries, J. Power Sources 297 (2015) 113e120.

グループ III 基油に LVE1 を 20% と添加し、市販の EV 添加剤パッケージを使用して作成した処方油を作成し、MTM 試験機によって性能を確認した (Figure2)。低温ではトラクション係数が低減するが、この低減効果は 100°C を超えると小さくなかった。また、グループ III の代わりに PAO を使用して同じ試験を行ったが、同様な結果は得られたが、40°Cでのトラクション係数の低減効果は、グループ III よりも PAO の方が大きかった。