

電気自動車ユニット E-Axle 用潤滑油の焼付き防止添加剤

Anti-seizure Additive for Lubricating Oil for Drive Unit of Electric Vehicle "E-Axle"

三洋化成（正）*植野 和志 三洋化成（非）立川 景也

三洋化成（非）山下 弘記 三洋化成（非）吉田 和徳

Kazushi Ueno*, Keiya Tachikawa*, Hiroki Yamashita*, Kazunori Yoshida*

*Sanyo Chemical Industries, Ltd.

1. はじめに

近年、温室効果ガスによる地球温暖化防止に向けた取り組みが多方面でなされている。運輸部門は CO₂ 排出量全体の 24%を占めるため¹⁾、自動車のエンジン効率の向上や代替エネルギー車の開発をはじめとした様々な対策が進められている。中でも潤滑油の高性能化による省燃費化は、機械の変更に比べて低コストで大きな効果が期待されることから、潤滑油の高性能化に寄与する添加剤技術の開発が盛んである²⁾。一方、内燃機関を搭載しない BEV (Battery Electric Vehicle, 電気自動車) に目を向けると、E-Axle と呼ばれる専用のトランスアクスルの効率向上のため、潤滑油の低粘度化が求められている。しかしながら単純に潤滑油を低粘度化するだけでは、油膜厚さの低下により装置摺動部の焼付きが発生しやすくなるため、焼付き防止添加剤が必要になると考えられる。本報では、E-Axle 用潤滑油向けに開発した焼付き防止添加剤の特性について述べる。

2. 焼付き防止添加剤の構造

焼付き防止性を向上するには無機系極圧剤の添加が有効であるが、既存の硫黄系・リン系極圧剤はモーターの銅を腐食する、あるいは電気絶縁性を低下させる懸念があることから添加量削減が求められている。そこで新たに開発した焼付き防止添加剤（以下 Sample A）においては、銅腐食性や電気絶縁性を悪化させる硫黄・リンを含有しない有機ポリマー骨格を採用した。具体的には Fig. 1 に示すように、ポリマーの側鎖に吸着性部位と特殊側鎖を導入することによって装置摺動部の金属表面に対する高い吸着性を付与させ、強固なポリマー吸着膜による油膜切れ防止を図った。

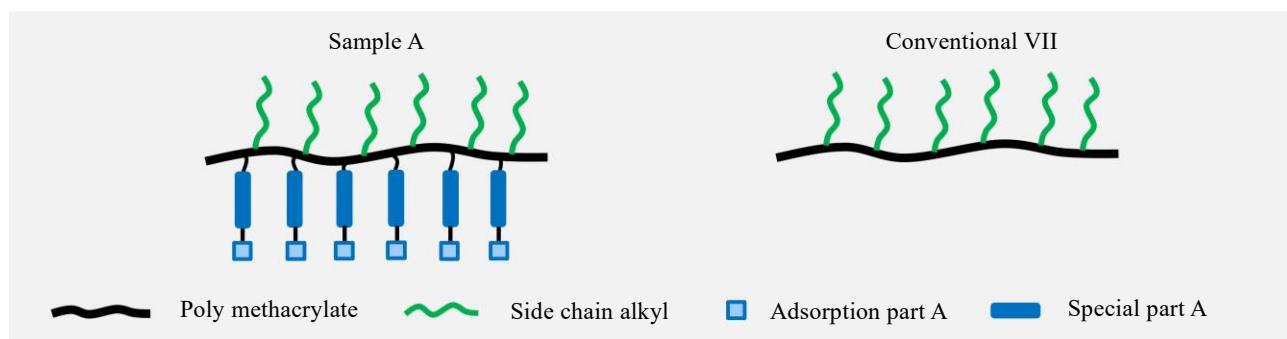


Fig. 1 Schematic structure of sample A and conventional VII

3. 油膜形成能の評価

油膜厚さ試験機を用いて、ポリマー添加油による油膜厚さを測定した。試験油は 100°C 動粘度=3.1 mm²/s の Group III 基油（以下 Gr. III BO）に Sample A または汎用 VII をポリマー分子 2.0 重量% 添加して調製した。試験には SUJ2 相当のスチールボールと、半反射クロム膜とシリカ膜がコーティングされたガラスディスクを使用し、光干渉法を用いてスチールボールとガラスディスクの間に介在する接触部中央の潤滑油膜厚さを測定した。測定条件は荷重 20N、滑り転がり比 0%、周速 10~3,000mm/s、油温 100°C である。Figure 2 に、Sample A および汎用 VII 添加油それぞれの膜厚ー速度線図を示す。結果として、最も低速度となる 10mm/s において Sample A は汎用 VII 比で 3.2 倍の厚みの油膜を形成することが分かった。スチールボール表面の酸化膜は極性をもつていることを考えると、ポリマーの側鎖にある吸着性官能基は酸化表面への親和性が高いため、ポリマーが吸着した厚い膜が形成されると考えられる。

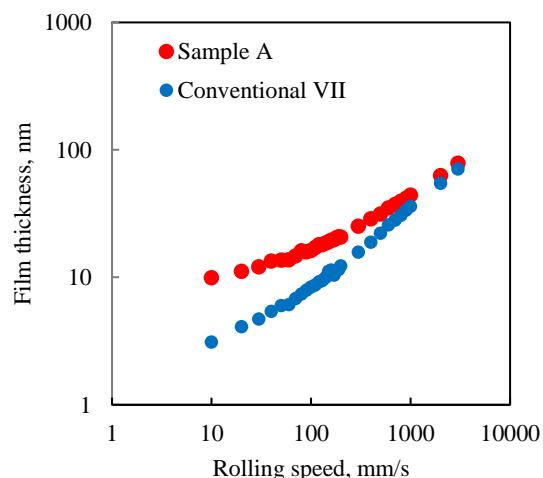


Fig. 2 Film thickness evaluation results

4. 焼付き防止性の評価

Sample A の焼付き防止性を、ASTM D2783（シェル式四球耐荷重能試験）に準拠して測定される最大非焼付き荷重（荷重により油膜切れが生じ、金属同士が直接接触することにより焼付きが発生するまでの限界荷重）により評価した。試験油については Gr. III BO および市販の電気自動車用潤滑油（以下 E-fluid A）に対して Sample A および汎用 VII をポリマー一分でそれぞれ 2.0 重量% 添加して用意した。

Figure 3 に結果を示す。汎用 VII の場合は Gr. III BO, E-fluid A いずれに添加しても最大非焼付き荷重は変化しなかったのに対して、Sample A の場合はいずれの試験油においても最大非焼付き荷重が向上した。Sample A は汎用 VII と比較して高い吸着性を有していることから、金属表面に形成される吸着膜は厚く強固であり、高荷重下においても破断しにくいため焼付き防止性が向上したと推察される。

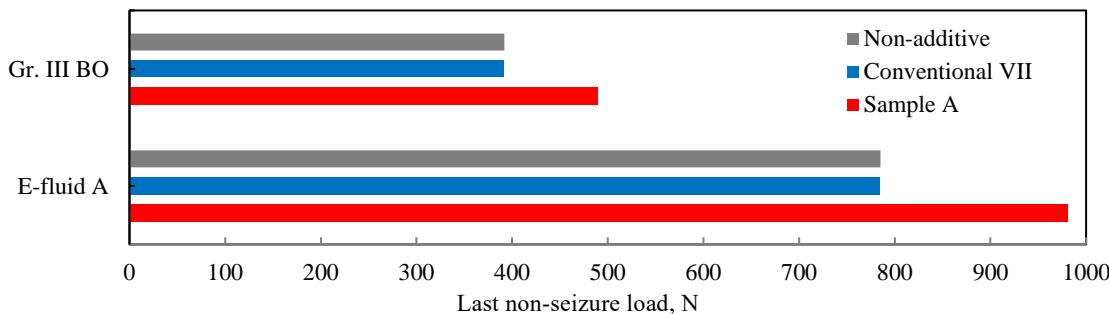


Fig. 3 Last non-seizure load evaluation results

5. 電気絶縁性の評価

Sample A による電気絶縁性への影響を確認するために、E-fluid A に Sample A を添加して調製した試験油の室温における体積抵抗率を非水導電率計により測定した。Table 1 に示す通り、Sample A の添加に伴い体積抵抗率はほぼ変化なく、電気絶縁性の低下は認められなかった。Sample A に含まれる吸着基は比較的極性が高いため、それ単体では体積抵抗率を低下させる要因となるものの、体積抵抗率が非常に高いアルキルモノマーも多く導入されているため、ポリマーとしては電気絶縁性に悪影響することはないと考えられる。

Table 1 Volume resistivity evaluation results

	Sample A	Conventional VII	E-fluid A
Volume Resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)	2.3×10^{10}	2.4×10^{10}	2.1×10^{10}

6. 銅腐食性の評価

Sample A による銅腐食性への影響を評価するために、ASTM D130 に準拠した銅板腐食試験を 150°C, 72 時間の条件にて実施した。Table 2 に結果を示す通り、試験後の銅板の外観はいずれも同様であった。更に、銅腐食性を定量的に評価するために試験後の潤滑油中の銅溶出量を蛍光 X 線分析により測定したところ、各水準においてほぼ差異はみられなかった。今後最近提唱されている WCT (Wire Corrosion Test, 銅線腐食試験) など異なる試験方法も実施したうえで多角的に評価していく予定である。

Table 2 Copper corrosivity evaluation results

	Sample A	Conventional VII	E-fluid A
Classification	2c	2c	2c
Copper elution (ppm)	172	134	149

7. おわりに

Sample A は焼付き防止性を向上しつつも電気絶縁性や銅腐食性には大きく影響しないことから、電気自動車用潤滑油の更なる低粘度化に寄与しうることが示唆される。今後は焼付き防止性向上のメカニズム解明を進めるとともに、更なる焼付き防止性向上が図れる技術を検討していく。

文献

- IEA Global Energy & CO₂ Status Report 2017, (2017).
- 山守：自動車の電動化に対応した潤滑油の技術動向，トライボロジスト，68，2 (2023) 86.