

## 酸化劣化 EV 駆動油中の添加剤分析

## Analysis of additives in EV fluid degraded by oxidation

日産アーク \* (正) 沼田 俊充 (正) 荒木 祥和 (非) 藤井 由利子 (正) 中村 清隆

Toshimitsu Numata, Sawa Araki, Yuriko Fujii, Kiyotaka Nakamura

NISSAN ARC, LTD.

## 1. はじめに

自動車産業では近年のカーボンニュートラルに代表される環境問題を背景としてさらなる CO<sub>2</sub> 削減を求められているため、ハイブリッド車やバッテリーEV (BEV) など電動車が増加している。ハイブリッド車では内燃機関が併用されるため、エンジンオイルが必要とされるが、BEV ではエンジンオイルとは異なる専用の駆動油が必要となる。BEV においてもエネルギー効率の向上は必須であり、そのために摩擦損失の低減が要求され低粘度オイルの開発が進んでいる<sup>1~4)</sup>。

本研究では BEV を想定して低粘度 EV 駆動油の加熱による酸化劣化試験を行い、劣化油を作製した。作製した劣化油について、液体クロマトグラフ-質量分析装置 (LC-MS) および、ゲル浸透クロマトグラフ (GPC) による添加剤の分析を行い、各種添加剤の減少や変質について確認した。併せて、摩擦特性の評価、トライボフィルムの分析を行い、添加剤の減少と摩擦特性の変化、トライボフィルムの組成の関連性を確認した。

## 2. 実験

市販の低粘度 EV 駆動油を購入して実験に使用した。酸化劣化油の作製は JIS K2514-1 に規定されている内燃機関用潤滑油酸化安定度試験 (ISOT) の条件を参考に 150℃ に加熱したオイル中に銅および鉄の試験片を入れ、攪拌しながら 96 時間加熱した。

摩擦特性の評価はボールオンディスク型の摩擦試験機にて実施した。試験片材質はボール、ディスクのどちらも AISI52100 である。概要および試験条件を Fig.1 および Table 1 に示す。

購入した EV 駆動油は事前に LC-MS 分析を行い、含有添加剤を確認した。その結果を Table 2 に示す。また、作製した劣化油は LC-MS および GPC による添加剤の調査を行った。さらに、摩擦試験後のディスク表面についてオージェ電子分光法 (AES) で深さ方向分析を実施した。

## 3. 結果および考察

## 3.1 劣化油の分析

新油と作製した劣化油の摩擦試験結果を Fig.2 に示す。また、LC-MS による添加剤分析結果を Fig.3 に示す。この図では新油のピーク面積を 100% として、含有量の変化を示した。GPC 測定結果を Fig.4 に示す。なお、GPC で算出した分子量はポリスチレン換算値である。

摩擦試験の結果、油温 60℃ では新油と劣化油の差はわずかであったが、油温 100℃ では劣化油の摩擦係数が低摩擦速度領域で上昇していることが明らかとなった。

LC-MS による低分子添加剤の結果では、酸化防止剤や極圧剤などすべての添加剤が減少していることが確認された。さらに、GPC 分析により、分子量 1000~10000 程度の領域で UV 吸収の増加が確認されたことから、ベースオイルよ

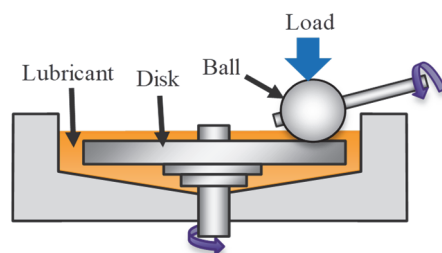


Fig. 1 Schematic diagram of tribotester

Table 1 Test conditions

Load	31N
Mean speed	50~1000 mm/s
Slide to roll ratio	50%
Oil temperature	60°C, 100°C
Ball/ Disk Material	AISI52100

Table 2 Results of additive analysis (LC-MS)

Antioxidant (Amine, Phenol)
Organic EP additive (S type, P type)
Succinimide, Salicylate

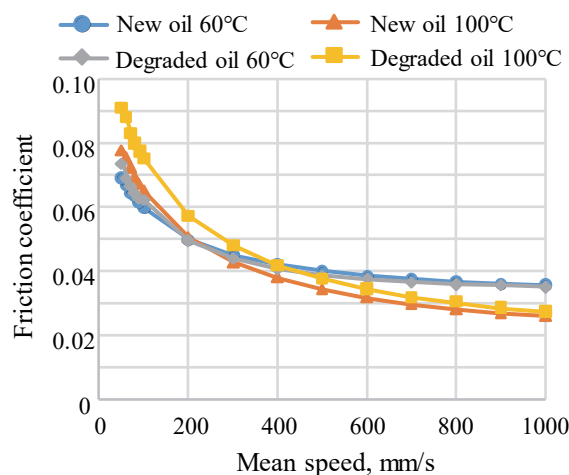


Fig.2 Friction coefficient of each lubricants

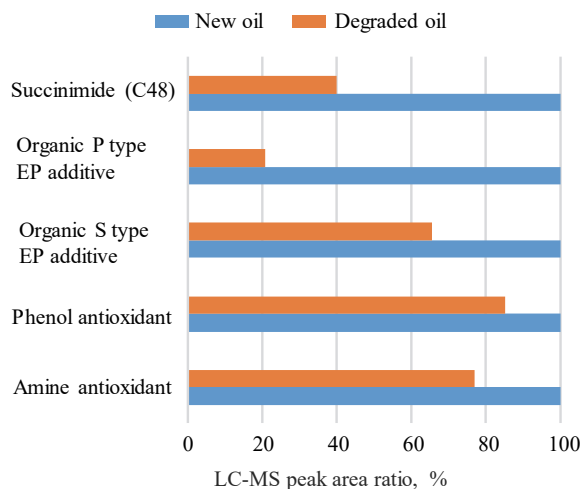


Fig.3 LC-MS peak area ratio of each additives

りも高分子量の成分が変質していると考えられる。  
これらの結果よりベースオイルの変質ではなく摩擦調整剤といった添加剤の変質により金属同士の接触が増加して摩擦係数が増大した可能性が示唆される。

### 3.2 摩擦面の分析

油温 100℃での摩擦試験後のディスク表面についてトライボフィルムを確認するために AES 分析を行った。AES によるデプスプロファイル測定結果を Fig.5 および Fig.6 に示す。

AES 分析の結果より、新油での摩擦面では P や Ca など添加剤由来の元素はほとんど認められなかったが、劣化油での摩擦面では P や Ca が表面から 5nm 程度の深さまで分布していることが明らかとなった。従って、劣化油での摩擦試験時は金属同士の接触が増加したため、添加剤由来の被膜形成が進行したと推定される。

## 4. おわりに

酸化劣化させた EV 駆動油について摩擦特性、添加剤含有量の変化、摩擦面の状態について分析を行い、以下の結果を得た。

- ・油温 100℃での摩擦試験時に摩擦係数の上昇が確認された。
- ・劣化油において添加剤の減少・変質が確認された。
- ・劣化油での摩擦面に添加剤由来の元素が確認され、添加剤の劣化・変質により金属同士の接触が増加したと推定された。

## 文献

- 1) 飯野, 松井, 松木: e-Axle 専用油に求められる性能と技術開発への取り組み, トライボロジー会議 2022 秋 福井 (2022) 23
- 2) 中村ほか: 電動車用超低粘度トランスアクスフルードの開発, 自動車技術会 2021 年秋予稿集 (2021) 20216177
- 3) 浜口: e-Axle 用フルードの課題と将来展望, トライボロジー会議 2023 春 東京 (2023) 65
- 4) ゲーゲン, ダーキン: 次世代パワートレイン向けの専用 e フルード潤滑油添加剤の進化, トライボロジスト, 68, 2 (2023) 79.

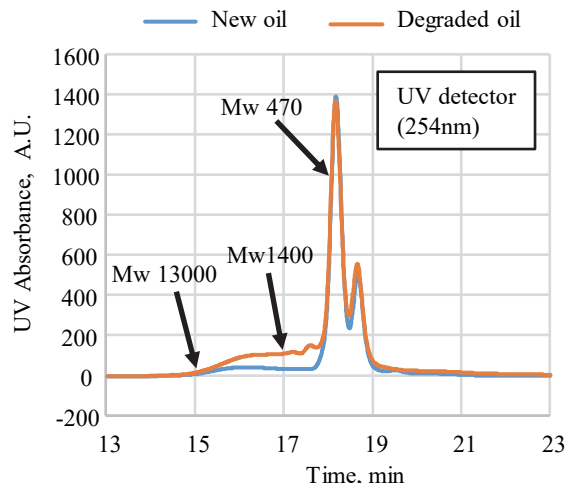


Fig.4 GPC chromatogram of each lubricants

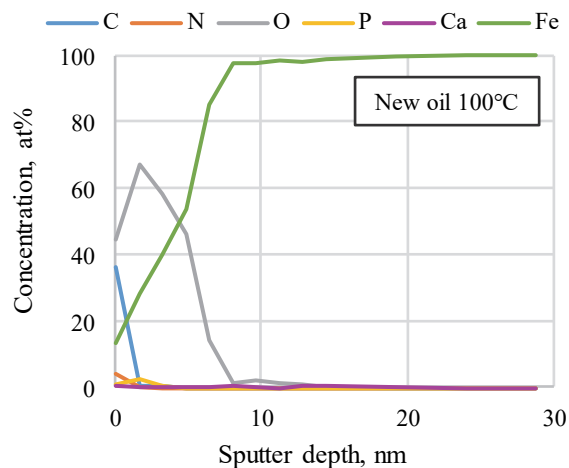


Fig.5 AES depth profile of sliding surface (new oil)

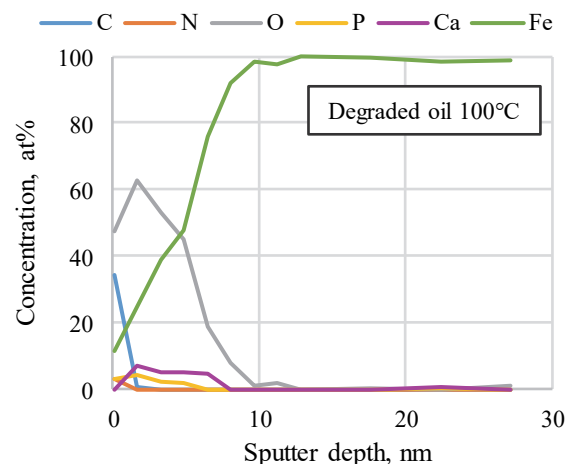


Fig.6 AES depth profile of sliding surface (degraded oil)