

油膜形成型摩擦調整剤の適用による省電費 EV 油に関する基礎検討
A basic study on drivetrain lubricants with fuel economy for electric vehicles
by applying oil film forming friction modifier

ENEOS (正) *中村 俊貴 ENEOS (非) 相田 冬樹 ENEOS (正) 松木 伸悟

ENEOS (正) 飯野 麻里 ENEOS (非) 長谷川 慎治

Toshitaka Nakamura*, Fuyuki Aida*, Shingo Matsuki*, Mari Iino*, Shinji Hasegawa*

*ENEOS Corporation

1. 研究の目的、背景

近年、自動車分野における車両の電動化が進められている中、電動車向け潤滑油(以降、EV油)の開発が活発に進められている。省電費化を達成するEV油には、低粘度化に加えて混合潤滑域の低摩擦化が有効であることが確認されており、同領域の摩擦低減技術の開発が重要となる¹⁾。本稿では、省電費EV油の開発を目的に、油膜形成型の摩擦調整剤(Friction modifier: 以降、FM)を活用することで更なる省電費化が可能であることを見出したため報告する。

2. 開発 FM の実用性能について

2.1 減速機の効率評価

一般的に無灰系 FM は摺動面に吸着し、密な吸着膜を形成することで摩擦低減効果を発現すると考えられている。我々は無灰 FM の中でも従来に比べ極性を高め、強い吸着力が期待される FM を新たに開発した。詳細は後述するが、開発 FM は混合潤滑域の低摩擦化が可能であることを確認している。開発 FM の実機での適用効果を確認するため、市販 BEV に搭載される減速機を用いた効率評価を実施した。評価には同 BEV の純正油(60°C動粘度: 14.3mm²/s)、超低粘度市販油(60°C動粘度: 7.1mm²/s)及び超低粘度市販油に開発 FM を添加したサンプル(60°C動粘度: 7.2mm²/s)を使用した。図1に示す減速機の効率結果より、高回転なマイルド条件においては、純正油よりも超低粘度市販油及び開発 FM 添加サンプルの効率が向上していることがわかった。これは同領域が流体潤滑域であり、オイルの低粘度化が攪拌損失の低減効果をもたらしたためと考えている。一方で低回転条件になるにつれ、超低粘度市販油は純正油よりも効率が低下しており、これは低粘度化によりシビアな潤滑状態で部材間接触が発現し、摩擦損失が増加したためと考えている。それに対し開発 FM 添加サンプルでは、シビアな条件下でも効率が低下することなく、純正油よりも高い効率を示した。開発 FM の添加により部材間接触を抑制しているものと考えられる。また開発 FM 添加サンプルは全領域で他の 2 サンプルよりも高い効率を示し、特に低速域では最大で+1.1%の効率向上効果が現れた。

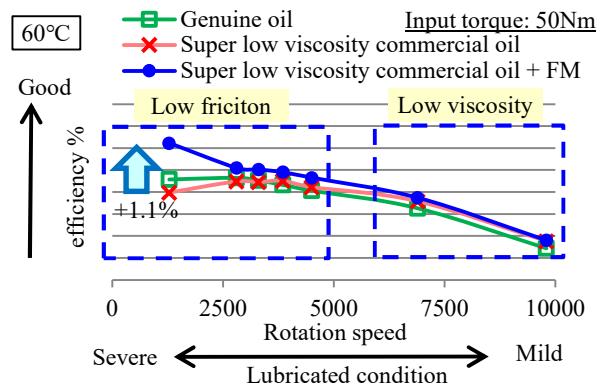


Fig.1 Result of reduction gear efficiency test

2.2 ベアリングの耐久性評価

開発 FM がベアリングやギヤなどの主要部品の耐久性能に与える影響をベアリング単体の耐久試験機で検証した。評価油については前項に記載の超低粘度市販油と開発 FM 添加サンプルを使用した。同試験ではトルクを計測しつつ、ベアリングの破損時間を評価した。本試験にて得られたベアリング破損時間と試験中の平均トルクを図2に示した。破損時間から、開発 FM 添加サンプルは超低粘度市販油対比で4倍程度のベアリング耐久性向上効果を確認した。また試験中の平均トルクを比較すると同油対比で半分程度のトルクとなっており、大幅なトルク低減効果があることも確認され、耐久性向上の要因となったことが示唆される。

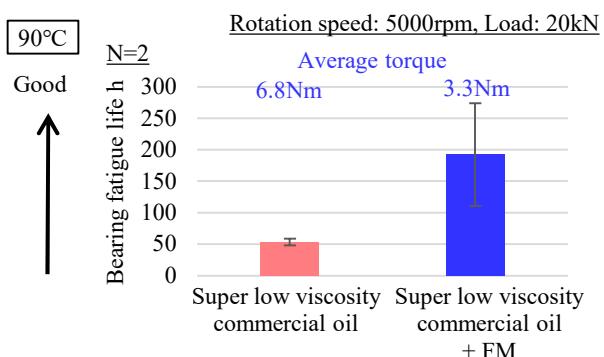


Fig.2 Result of bearing durability test

3. 開発 FM の想定作用メカニズムについて

3.1 摩擦試験中の摺動部の特性検証

前項までで開発 FM は減速機の効率向上やベアリング耐久性の向上効果があることを示してきた。同効果の作用メカニズムを解明するため、摩擦試験中の摺動部の特性を検証した。試験は MTM (Mini traction machine)を用いて、摺動

部の摩擦係数に加えて ECR (Electrical contact resistance)を測定し, SLIM (Space layer imaging method)による摺動部の観察を実施した. なお評価油は前項と同様であり, 試験片による試験ばらつき抑制のため評価油毎に試験片を交換せず, 超低粘度市販油, 開発 FM 添加サンプルの順で評価している. 0.1m/s一定速のなじみ試験と周速を変化させた本試験の結果を図 3 及び図 4 にそれぞれ示した.

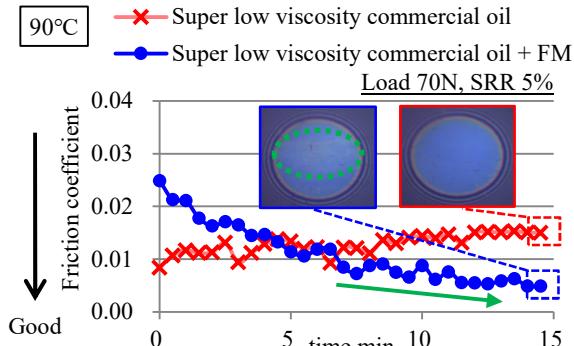


Fig.3 Result of MTM test during break-in test (Friction coefficient and ECR)

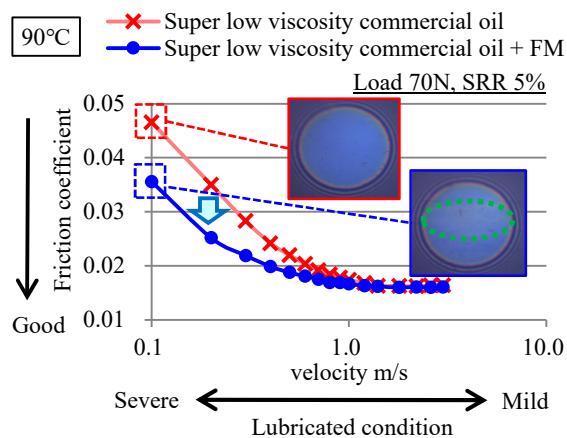
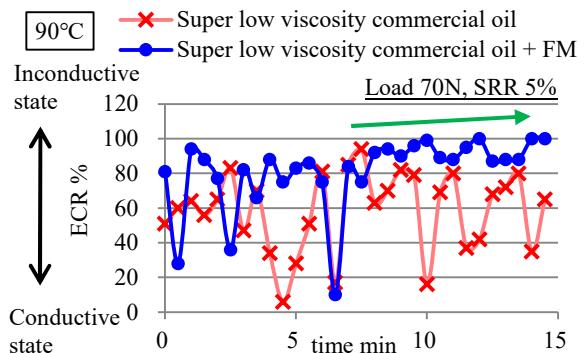


Fig.4 Result of MTM test (Friction coefficient and ECR)

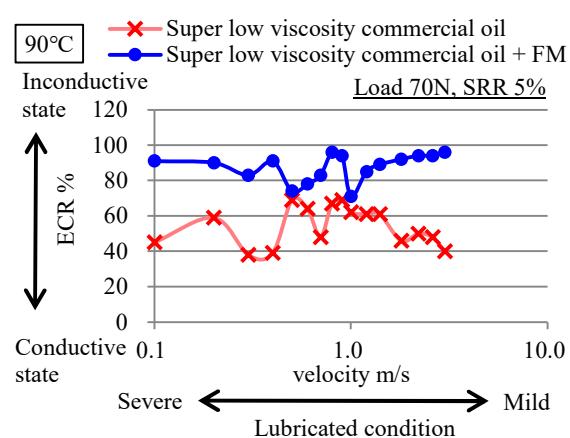


図 3 に示す通り, 開発 FM 添加サンプルは摺動に伴い摩擦係数が低下し, ECR が増加する様子が確認できた. 超低粘度市販油と比較すると, 試験後の摩擦係数は小さく, ECR は高くなつた. また試験後の摺動表面を見ると, 開発 FM 添加サンプルの表面は色の変化を確認し, これは開発 FM の吸着による影響と考えている.

図 4 に示す通り, 開発 FM 添加サンプルの混合潤滑域の摩擦係数が, 超低粘度市販油に対し低減していることを確認した. ECR と摺動表面についてはなじみ試験と同様の結果を得た. 本結果より, 潤滑状態がシビアになり金属接触が始まると摩擦係数が上昇する領域で, 開発 FM は金属接触を抑制し低摩擦化効果を発現していることが示唆された. また、別途 EHD2 試験機にて摺動部の油膜厚さを測定した結果、特に低速条件域において開発 FM を添加することで添加前のサンプルに比べ 10nm 以上油膜が厚くなる結果が確認された。

3.2 想定作用メカニズム

前述の油膜厚さの結果から, 従来の無灰系 FM が数 nm の単層から複数層の吸着膜を形成するのに対し, 図 5 に示す通り開発 FM は多層吸着の膜を形成し, それにより油膜厚さが向上し, 部材同士の金属接触を緩和する効果を発現したと推定される. その結果, 混合潤滑域の摩擦を低減することができ, 減速機の効率向上や部品の耐久性向上効果をもたらしたものと考えている.

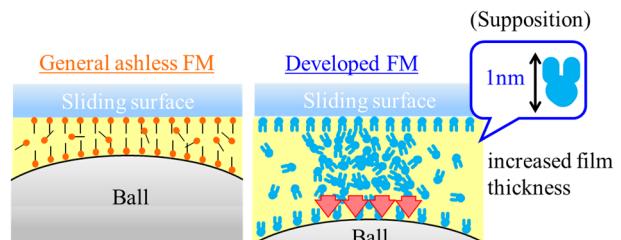


Fig.5 Adsorption image of developed FM

4. おわりに

開発 FM は特に低粘度油との組み合わせに適しており, 2.2 項で示したような耐久性向上効果から, 市販油の粘度帯よりもさらに低粘度な油への適用可能性も示唆された. 今後は多層吸着の挙動確認をはじめ作用メカニズムの解明を進めるとともに, 省電費 EV 油のための開発 FM の実用化に向けた検討を進める.

文献

- 1)中村俊貴:油膜形成型潤滑油添加剤の適用による省電費 EV 油に関する基礎検討,自動技術会 秋季学術講演会,(2022)