

トライボロジー特性を改善する潤滑油添加剤に関する最近のトピックス

Recent topics on lubricant additives for improving tribological characteristics

GS カルテックス（正）*浜口 仁

Hitoshi Hamaguchi*

*GS Caltex Corporation

1. はじめに

潤滑油は、機械の血液とも呼ばれ、機械の正常な稼働を保持するために無くてはならない要素の一つであり、機械の進歩に合わせて高性能化が図られてきた。さらに、近年の潤滑油剤には、環境保全への対策が強く求められており、その内容も、省資源・長寿命・安全性向上・環境汚染軽減・カーボンニュートラル化など多岐にわたり、かつ要求レベルも過酷さを増している。このような背景から、潤滑油による摩擦低減、摩耗抑制など、トライボロジー特性を改善する添加剤も様々なアプローチで高機能化が模索されている。本稿では、最近開発されている添加剤技術から特徴的なものを紹介する。

2. 無灰型摩耗防止剤（二塩基酸エステルアミン塩）

近年の内燃機関には、排出ガスを浄化するため、排気ガス再循環装置（EGR）、排気触媒、パティキュレートフィルタ（DPF/GPF）などの装着が一般化しており、エンジン油にはそれらの排気ガス後処理装置に悪影響を及ぼさないように、灰分やリン分、有害金属分などを極力含まないことが求められている。

ここで紹介する二塩基酸エステルアミン塩（SA-DA と略称）は、いおう、リン、金属元素などを含まず、摩耗防止性、摩擦低減性、防錆性などエンジン油に求められる性能を併せ持つ多機能添加剤として開発されたり。

摩耗防止性を ZnDTP と比較した SRV 試験結果を図 1 に示す。これより、SA-DA は ZnDTP と同等の摩耗防止性を有することがわかる。

次に、摩擦低減性をグリセリンモノオレート（GMO）との比較でシリンダーオンディスク試験により評価した結果を図 2 に示す。

これより、SA-DA は広い速度域で低い摩擦係数を示し、とりわけ潤滑条件が過酷になる低速域で GMO より低い摩擦係数を示した。

また、Group III 基油に SA-DA を 0.5 mass% 添加した供試油での錆止め試験の結果を図 3 に示す。これらの結果が示すように、SA-DA は、エンジン油用の無灰型多機能添加剤として実用化されている。

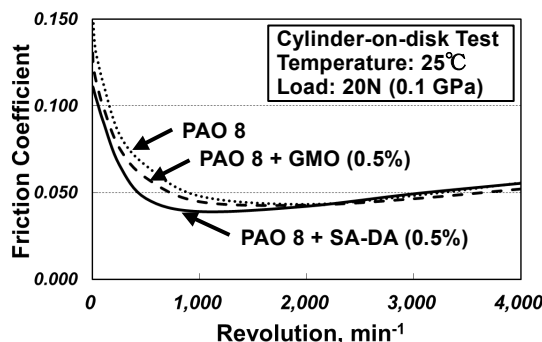


Fig. 2 Frictional behavior of SA-DA solution

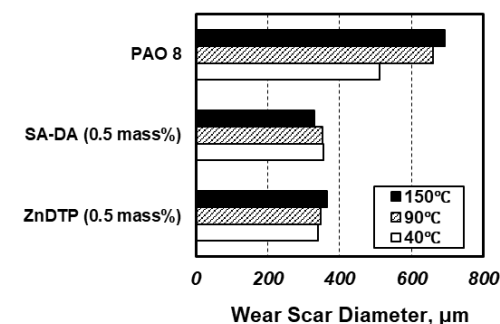


Fig. 1 SVC wear test result of SA-DA solution



Fig. 3 Rust test result of SA-DA solution

3. 油膜形成剤（変性共役ジエン系重合体）

近年の自動車における電動化の動きに伴い、駆動系のメカニズムとして、モーターとインバーターと減速機を一体化した、いわゆる e-Axle が導入される動きにある。モーターの効率を高める方策として高速回転化が有効であり、e-Axle に用いられる潤滑油（EPTF と呼ばれる）には、冷却性の確保に加えて、疲労摩耗を抑制するために EHL 油膜を保持・強化するための油膜形成剤の導入が検討されており、分散型 PAMA などのポリマー系添加剤の採用が報告されている²⁾。

ここで紹介する変性共役ジエン系重合体（F-CDP と略称）は、共役ジエン系重合体に官能基を付加して金属表面への吸着性を高

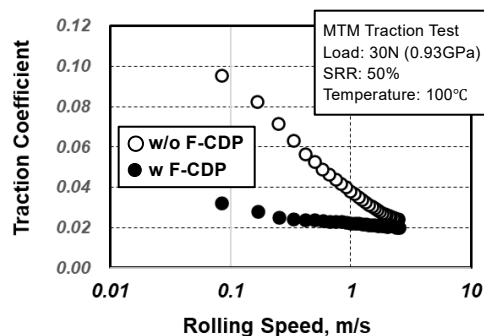


Fig. 4 MTM traction test of F-CDP Solution

めたもので、図 4 に示すように、F-CDP 添加油は MTM 試験で低速域まで優れた摩擦低減性を発現し、EHL 油膜形成能を保持していることが示唆された。

F-CDP を用いた軸受油による振り子式摩擦試験機による摩擦係数測定結果を無添加油との比較で図 5 に示すが、顕著な摩擦低減効果が確認された。これらの結果から、F-CDP は油膜形成剤としての実用化が期待される。

4. 固体潤滑剤（ナノサイズ二硫化モリブデン）

二硫化モリブデンは、古くから摩耗防止剤、極圧剤、摩擦調整剤として潤滑油やグリースの添加剤として用いられているが、固体の微粉であるため、とりわけ潤滑油に用いる場合、均一な分散が難しく、時として分離・沈降したり、フィルターを閉塞させるなどの不具合があった。

小寺らは、従来の鉱石粉砕法ではなく、合成法により粒径を揃えたナノサイズ二硫化モリブデン（nanoMoS₂ と略称）の潤滑油添加剤としての摩擦低減効果を報告している³⁾。

nanoMoS₂ の粒子サイズを従来の市販 MoS₂ 粉体との比較で図 6 に示すが、厚さ方向の寸法が平均 10 nm 程度と、EHL 油膜厚さの最低レベルと近い値であり、弾性流体潤滑から境界潤滑に移行する条件下で摩擦上昇を抑制し、摩耗防止と焼付き防止への効果が期待される。

nanoMoS₂ をエンジン油に用いた例を図 7 に示すが、JASO M365 と同様のエンジンを用いて同一温度、同一回転数で実施したモータリング法摩擦試験でフリクション低減効果が報告されている。この試験条件下では、nanoMoS₂ の摩擦低減効果は MoDTC 添加油より顕著で、nanoMoS₂ と MoDTC を併用することにより、さらに大きな摩擦低減効果が観察されている。

また、市販エンジン油添加剤に nanoMoS₂ を配合した試料油と従来の粉砕法による MoS₂ 配合油とで固体潤滑剤の粒度分布を比較した結果を図 8 に示す。これより、nanoMoS₂ は極めて良好な分散状態を有することが確認された。

5. おわりに

冒頭にも述べたとおり、近年の潤滑油には従来にも増して、トライボロジー特性の高度化が求められており、これを実現するために、添加剤には様々な機能が新たに付加される傾向にある。本稿で紹介した各種添加剤は、それぞれ特定の条件下で優れたトライボロジー特性を発現することを述べたが、実際の機械では、潤滑油は幅広いトライボロジー条件下で性能を発揮することが求められる訳であり、場合によっては、これら添加剤を組み合わせることにより、より広い実用条件をカバーすることが可能となることが期待される。

今後とも、潤滑油添加剤のさらなる高機能化・多機能化に期待したい。

文献

- 1) 清水：無灰系摩耗防止剤の技術動向，トライボロジスト，67，2（2022）101.
- 2) 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 春予稿集（2023）A24.
- 3) 小寺ほか：有機モリブデン錯体とナノサイズ二硫化モリブデンを添加剤として用いた潤滑剤の特性，トライボロジー会議 2024 春予稿集（2024）B33.

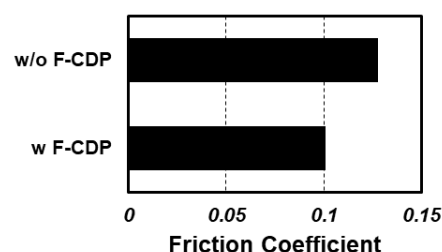


Fig. 5 Pendulum friction test of F-CDP solution

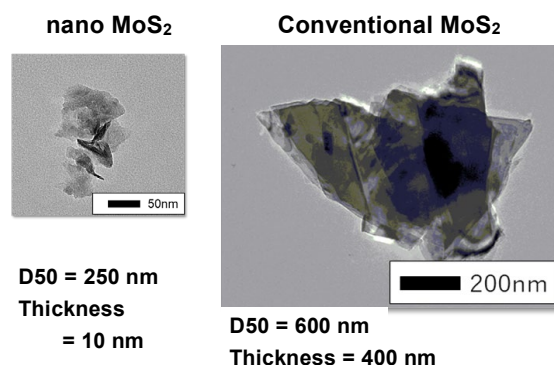


Fig. 6 Microscopic view of MoS₂ particles

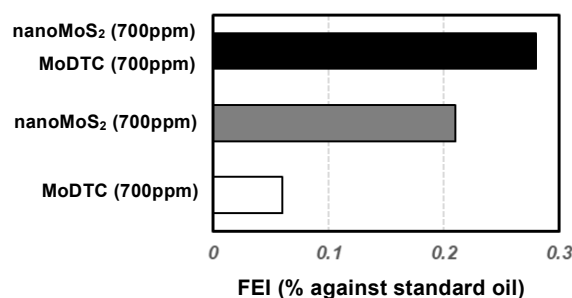


Fig. 7 Results from motored engine friction test

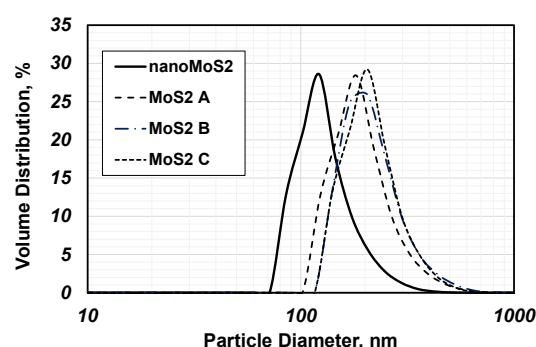


Fig. 8 Particle size distribution of MoS₂ solutions