

DLC 膜の摩擦特性に及ぼす耐摩耗剤の影響

The effect of anti-wear agents on frictional properties for DLC

出光興産(株) 営業研究所 (正) *梶 雅志 (正) 渡邊 さやか (正) 渡部 暢明 (正) 葛西 杜継

日本アイ・ティ・エフ(株) (非) 辻岡 正憲 (正) 三宅 浩二

Masashi Kaji*, Sayaka Watanabe*, Nobuaki Watanabe*, Moritsugu Kasai*

Masanori Tsujioka**, Koji Miyake**

*Lubricants Research Laboratory, Idemitsu Kosan Co. Ltd.

**NIPPON ITF, INC.

1. 背景・目的

DLC膜は優れた低摩擦性及び耐摩耗性を有し、今後自動車部品への適応が期待される。エンジン部品への採用は既に一部カーメーカーで始まっており、DLC材に対する摩擦低減剤の研究は盛んに行われている。^{1)~4)}

一方、エンジンオイルに配合されるZnDTPは耐摩耗剤・酸化防止剤として長く使われてきたが、スラッジ生成、塩基価早期低下、触媒被毒、DPFの目詰まりなどの原因になることから、ZnDTP代替添加剤の開発、実用化が求められている。しかしながら、DLCに対してZnDTPや代替添加剤の摩擦特性に関する報告は少ない。⁵⁾そこでZnDTPと同様の耐摩耗剤⁶⁾で摩擦係数を下げるような効果を示す添加剤の評価を行った。

2. 試験条件

■試験機

SRV 往復動摩擦試験機

■試験片

DLC ディスク・・・SCM420 浸炭焼入れ ($\phi 24 \times 7.9\text{mm}$, $H_{RC}=60$) にDLCコーティング
(水素量: 20%, $H_k=1000$)

FCD700 シリンダ・・・高周波焼入 ($\phi 15 \times 22\text{mm}$, $H_{RC}=60$)

■試験条件

荷重 400N, 振幅 1.5mm, 温度 80°C,

振動数 30Hz (20min) → 40Hz (6min) → 50Hz (6min)

(※評価は 50Hz 時の平均摩擦係数でグラフを整理)

3. 供試油

■基油：高精製基油

(API:Gr. III, 動粘度 $4.4\text{mm}^2/\text{s}@100^\circ\text{C}$)

■供試添加剤

① ZnDTP

(※基油にリン量 0.06wt%で配合)

② 硫黄含有エステル⁶⁾

(※アルキル鎖：エチル, ブチル, オクチル, ドデシル) (※基油に硫黄量 0.2wt%で配合)

4. 試験結果

4.1 ZnDTP の摩擦特性

図 1 に高精製基油と ZnDTP 配合油の SRV 摩擦試験結果を示す。DLC に対して、ZnDTP 配合油の摩擦係数が基油に比べ僅かに高くなることを確認した。

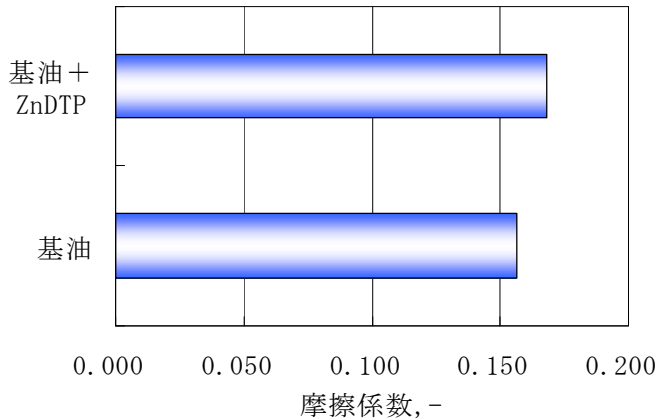


図 1 基油と ZnDTP 配合油の摩擦特性

4.2 硫黄含有エステルの摩擦特性に与えるアルキル鎖長の影響

硫黄含有エステルのアルキル鎖長が与える摩擦特性への影響を図 2 に示す。硫黄含有エステルのアルキルの長さの影響はエチル基, ブチル基を有した硫黄含有エステルの摩擦係数が低かった。

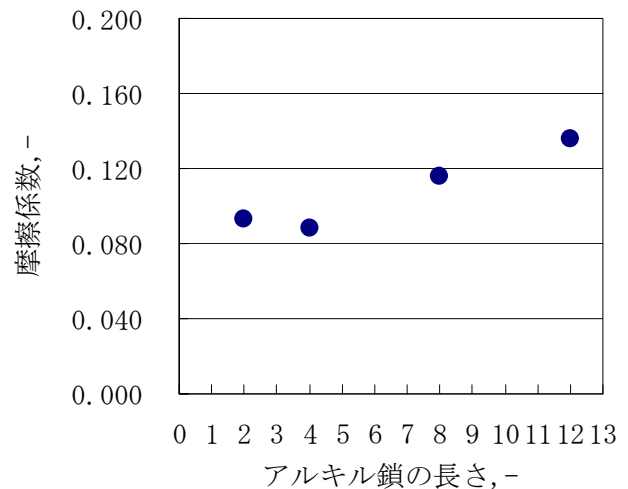


図 2 硫黄含有エステルのアルキル鎖長が与える摩擦特性への影響

4. 3 SRV 摩擦試験後の試験片の表面分析

DLC 膜の摩擦特性に及ぼす影響因子を解析するため、ZnDTP 配合油および摩擦特性が良好な硫黄含有エステル配合油を用いた SRV 摩擦試験後の FCD700 シリンダおよび DLC ディスク表面の組成・形状分析を行った。

シリンダとディスク表面の XPS による組成分析結果を表 1 に、SEM による形状分析結果を図 3, 4 に示す。組成分析結果から、ZnDTP 配合油、硫黄含有エステル配合油ともに、シリンダ側には硫黄は検出されなかった。一方、ディスク側においては、ZnDTP 配合油では硫黄が検出されなかったものの、低摩擦を示した硫黄含有エステル配合油では、表面から 100 Å の深さにおいても硫黄が検出された。163eV 近辺に帰属する硫黄化合物が摺動面に存在することが確認されたが、化合物の同定についてはさらなる調査が必要である。

次に、ディスクの形状分析結果から、高摩擦を示した ZnDTP 配合油は DLC ディスク上に DLC 膜が球状に存在していたのに対して、低摩擦を示した硫黄含有エステル配合油はディスク表面が平滑になっていることがわかった。これらの結果より、硫黄含有エステル配合油が低摩擦になった要因として、DLC ディスク上に存在する硫黄化合物や DLC ディスク表面の平滑化があると考えられる。

表 1 FCD700 シリンダと DLC ディスクの組成分析結果 (硫黄)

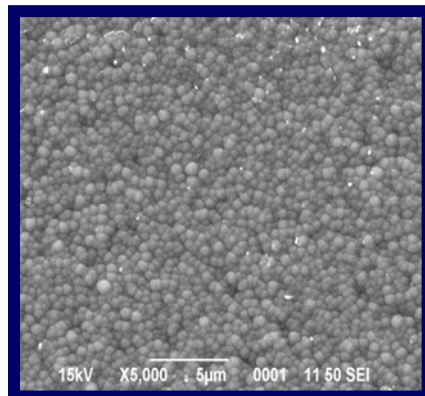
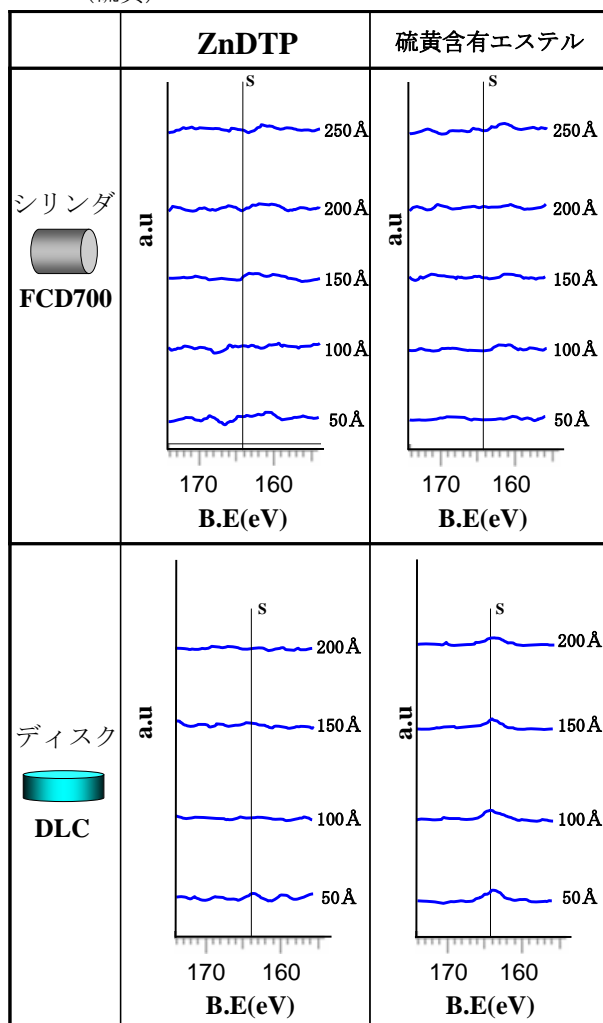


図 3 SEM による試験後の DLC ディスク表面の形状分析結果 (ZnDTP 配合油)

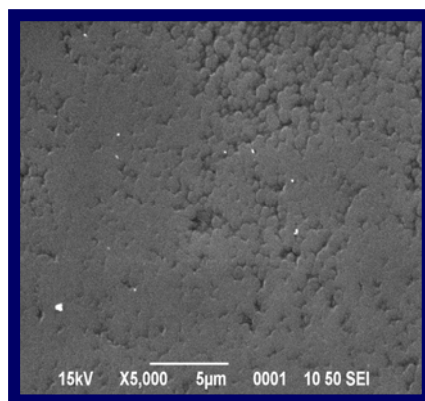


図 4 SEM による試験後の DLC ディスク表面の形状分析結果 (硫黄含有エステル配合油)

5. 結論

- ① エチル基、ブチル基を有した硫黄含有エステルの摩擦係数が低かった。
- ② DLC ディスクの XPS による組成分析結果から、ZnDTP 配合油では硫黄が検出されなかったものの、低摩擦を示した硫黄含有エステル配合油では、表面から 100 Å の深さにおいても硫黄が検出された。
- ③ ZnDTP 配合油と硫黄含有エステル配合油の試験後の DLC ディスクの形状分析結果から、ZnDTP 配合油は球状の DLC 膜であったのに対して、硫黄含有エステル配合油は平滑な膜であることがわかった。

6. 参考文献

- 1) 森広行, 中西和之, 高橋直子, 加藤直彦, 大森俊英: トライボロジスト, 54 (1), 40 (2009)
- 2) 及川絵里, 久保朋生, 七尾英孝, 南一郎, 森誠之, 呉行陽, 大花継頼, 田中章浩: トライボロジー会議 2008, 東京, 33 (2008-5)
- 3) 吉田健太郎, 堀内崇弘, 加納眞, 熊谷正夫: トライボロジー会議 2008, 東京, 233 (2008-5)
- 4) Tribology Letters, Vol. 18, No. 2, February 2005
- 5) 及川絵里, 久保朋生, 七尾英孝, 南一郎, 森誠之, 呉行陽, 大花継頼, 田中章浩: トライボロジー会議 2007, 佐賀, 453 (2007-9)
- 6) World Tribology Congress 2009 Kyoto, Japan, September 6-11, 2009 (B2-213)