

潤滑油添加剤がゴムと金属の摺動に及ぼす影響（第3報）

Influence of Oil Additives on Friction between Rubber and Metal (3rd report)

出光興産(正) \*小林 兼士

Kenji Kobayashi

Lubricants Research Laboratory, Idemitsu Kosan Co, Ltd., Japan

1. 背景

自動車のサスペンションを構成する部品の一つであるショックアブソーバ(SA)において、オイルシール(ゴム)とロッド(金属)の摺動により生じる抵抗力は、走行時の乗り心地に影響を与えるとされている。そのため、SAに用いる潤滑油は、適切な添加剤配合によりゴムと金属間の摩擦力を調整し、乗り心地を向上させる役割を担う<sup>1)</sup>。過去に、いくつかの潤滑油添加剤が、SAの摺動を想定したゴムと金属間の摩擦試験にて、摩擦係数を低減させることが報告されているが<sup>2)</sup>、潤滑油添加剤の作用機構は十分に解明されていない。そのため、潤滑油添加剤がゴムと金属の摺動に及ぼす影響について、往復動摩擦試験による検証を行った。

第1報では、ゴムと金属の凝着部分のせん断抵抗に着目し、リン系添加剤が摩擦係数の低減作用を示すことを明らかにした<sup>3)</sup>。第2報では、ゴム内部の弾性変形に由来する抵抗力と、凝着部分のせん断による抵抗力の双方に対し、潤滑油添加剤が及ぼす影響を検証した<sup>4)</sup>。ここまでの研究を通じて、潤滑油添加剤は油性添加剤として摺動面に吸着することで、ゴムと金属との摩擦係数を低減させると考察してきた。本報ではアルコール系の油性添加剤により、濃度と温度に対する影響を検証することで、ゴムと金属の摺動における潤滑油添加剤の作用機構について考察した。

2. 試料油および実験方法

試料油は鉱油に、油性添加剤オレイルアルコール(Oleyl Alcohol, OA)を配合することで調製した。OAの濃度は0, 10, 30, 50 wt%の4通り調製した。鉱油は動粘度(40℃) 19 mm<sup>2</sup>/s、動粘度(100℃) 4.2 mm<sup>2</sup>/sであり、OAは動粘度(40℃) 18 mm<sup>2</sup>/s、動粘度(100℃) 3.3 mm<sup>2</sup>/sである。

摩擦係数は正弦波往復動の摩擦試験により測定した。試験機の概要をFig.1に示す。本試験機は試験球直上にある圧電素子が検出した抵抗力を摩擦力として検出する。試験条件をTable 1に示す。油温はCrメッキを施した鋼板をヒーターにより加温することで調整し、40, 60, 80℃の3条件にて試験を行った。ゴムは厚さ2mmのニトリルゴムシートを用いた。ゴムシートは、直径12mmの円形に切断し、1/2インチ鋼球を覆うように固定した。固定したゴムシートの凸面と、Crメッキ鋼板を接触させ、往復動摩擦試験を行った。Crメッキ鋼板上に0.1mlの試料油を滴下し、荷重を加え速やかに摩擦試験を実施した。各条件にて試験は2回ずつ行い、測定毎にゴムは交換し、Crメッキ鋼板は溶剤にて洗浄した。

摩擦試験は100往復(cyc.)行い、摩擦係数は98cyc.から100cyc.までの平均摩擦係数により求めた。摩擦係数のサンプルリング周波数は1msである。摩擦係数の算出は、Fig.2に示す通り、摺動端部の比較的低速条件と摺動中央の比較的高速条件のそれぞれにて行った。摺動端部は中央点(変位=0.0mm)から±1.7mmから±1.9mmの範囲の平均摩擦係数を算出し、摺動中央部は中央点から±0.1mmの範囲の平均摩擦係数をそれぞれ算出した。

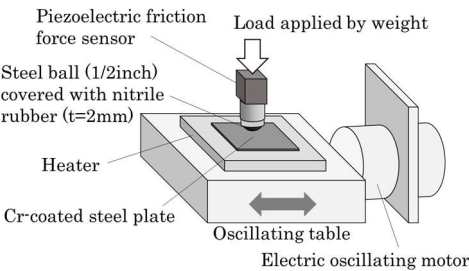


Fig.1 Friction testing machine

Table 1 Test conditions

Frequency,Hz	1.0
Amplitude,mm	± 2.0
Temperature,℃	40,60,80
Load,N	4.0
Rubber Sheet	NBR (t=2.0mm)
Metal test ball	Cr plated steel ball (1/2inch)

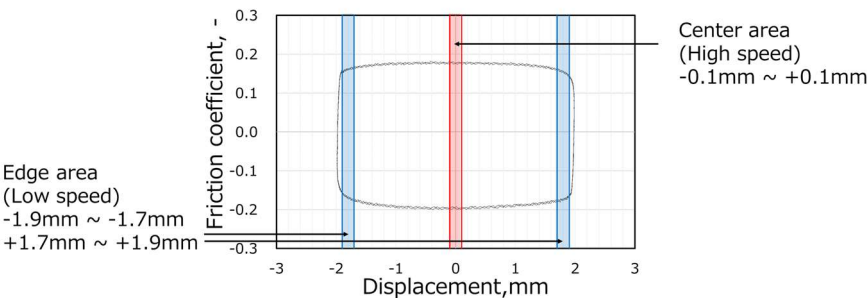


Fig.2 Measurement area of friction coefficient (example: 60℃, OA 10wt%)

### 3. 結果と考察

摺動端部と摺動中央部の摩擦係数を, OA の濃度を横軸に温度毎に比較した結果を Fig.3,4 に示す. 40 °Cにおいて, 摺動端部, 摺動中央部共に, OA の濃度増加に伴って摩擦係数の低減が確認された. ただし濃度 30 wt%と濃度 50 wt%の摩擦係数に差異は見られなかった. 60°Cにおける結果も 40 °Cにおける結果と同じく, OA の濃度増加に伴って摩擦係数の低減が確認された. ただし, その低減効果は 40 °Cにおける結果よりも小さい傾向が示された. 80 °Cにおいては, OA の配合による摩擦係数の低減は確認されなかった.

40 °Cおよび 60 °Cにおいて摩擦係数が低減した理由として, OA の水酸基がゴム表面あるいは Cr メッキ鋼板に吸着したことにより, 摺動面に OA の潤滑被膜が生成されたことが考えられる. そして温度の増大と共に, OA の摺動面からの脱離が生じやすくなり吸着量が減少したことから, 60°Cにおける OA による摩擦低減効果は, 40°Cよりも小さく, さらに 80°Cにおいて摩擦低減効果は確認できなかったと考えられる. また, OA の潤滑被膜による摩擦低減効果は, 摺動面に十分な OA が吸着した濃度で飽和することが想定される. 40 °Cにおいて, 少なくとも濃度 30 wt%では, 摺動面に十分な OA が吸着しており, 30 wt%より高い濃度であっても, さらなる摩擦低減効果は発現されなかったと考えられる.

摺動端部の摩擦係数を摺動中央分の摩擦係数で除した値を $\mu$ 比として算出し, 濃度毎の変化を示したグラフを Fig.5 に示す. 濃度に依らず 40 °Cの $\mu$ 比は, 60 °Cおよび 80 °Cの $\mu$ 比より高い傾向が示された. 特に OA を配合していない濃度 0 wt%において,  $\mu$ 比は温度増大に伴い低減した. このことは, 摺動材の特性が温度により変化することを示唆する. 特にゴム材は温度によって弾性に変化が生じるため, 温度変化に伴うゴム材の弾性変化も, OA の摩擦低減効果に影響を与えている可能性が考えられる.

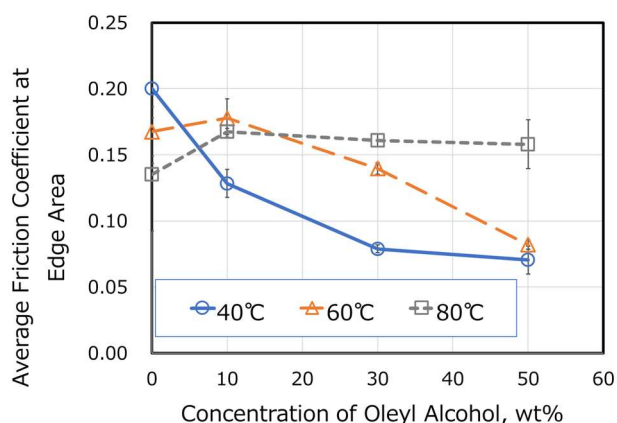


Fig.3 Friction coefficient at edge area

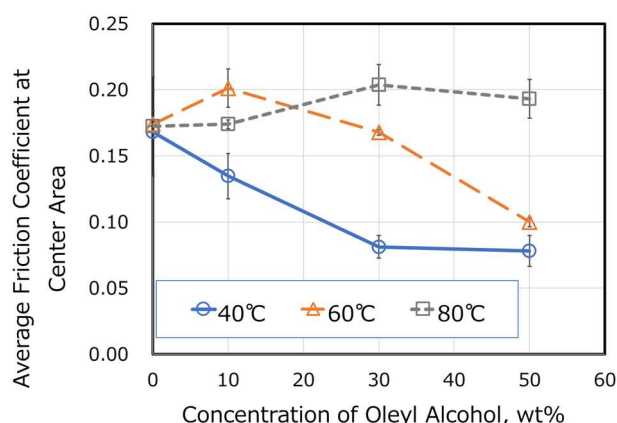


Fig.4 Friction coefficient at center area

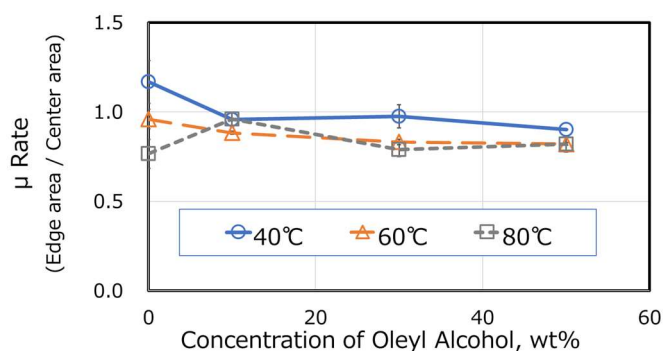


Fig.5  $\mu$  rate ( $\mu$  at edge area /  $\mu$  at center area)

### 4. まとめ

油性添加剤としてオレイルアルコールを選定し, ゴムと金属の摺動における摩擦低減効果の温度と濃度依存性を検証した. 高い濃度ほど摩擦係数低減が確認されるとともに, 高温ほど摩擦低減効果は減少した. ゴム物性の温度依存性も, 潤滑油添加剤の摩擦低減効果に影響を与えている可能性があり, 潤滑油添加剤の作用機構を今後考察するにあたっては, そのような物性変化も考慮する必要がある. また潤滑油添加剤の作用機構解明にあたっては, 今回選定したオレイルアルコール以外の潤滑油添加剤についても検証を行い, 考察を進めていく.

### 文献

- 1) 坂上: 自動車用ショックアブソーバ油の極限に挑む, トライボロジスト, 56, 9(2011) 567.
- 2) 坂上: ゴムとクロムメッキ鋼間の潤滑性評価, トライボロジー会議 2014 秋 福岡 予稿集, (2014) 476.
- 3) 小林: 潤滑油添加剤がゴムと金属の摺動に及ぼす影響, トライボロジー会議 2021 秋 松江 予稿集 (2022)
- 4) 小林: 潤滑油添加剤がゴムと金属の摺動に及ぼす影響(第 2 報), トライボロジー会議 2022 秋 福井 予稿集 (2023)