

グリースの流動特性に及ぼす増ちょう剤の影響

Effect of thickener on the flow characteristics of lubricating grease

九大（院）*石原 昌悟 九大（正）田中 宏昌

出光興産（正）中島 聡 出光興産（正）叶野 花菜子 出光興産（正）藤浪 行敏

九大（正）八木 和行

Shogo Ishihara*, Hiroyoshi Tanaka*

So Nakajima**, Kanako Kano**, Yukitoshi Fujinami**, Kazuyuki Yagi*

*Kyushu University, **Idemitsu Kosan Co., Ltd.

1. はじめに

近年の環境問題への意識が高まるとともに、様々な産業機械において高効率化や高出力化、小型化、軽量化、メンテナンスフリー化が求められるようになった。それに伴い、ベアリングに高速回転や低トルク化、メンテナンスフリー化が求められ、グリースにおいても高速化、低トルク化、耐久性などが要求される。

グリースの低トルク化においては外尾ら研究があり¹⁾、低せん断域から高せん断域にわたる軸受トルクの発生要因を精査する必要がある。グリース自体も種別、組成により複雑なせん断ひずみ速度依存性を持つ。そこで、グリースの流動性能を決める大きな要素である増ちょう剤に注目し、増ちょう剤の異なる4種類のグリースの流動挙動の違いやグリース潤滑性能の低下などについて直接観察を行った。

2. 試験方法

Table 1に本研究で用いた4種類のグリースを示す。基油にはすべてPAO（ポリアルファオレフィン）を使用した。増ちょう剤は、リチウムセッケン、リチウムコンプレックスセッケン、脂環式—脂肪族ジウレア、微細化した脂環式—脂肪族ジウレアの4種類を用いた。Figure 1に本検討で用いた蛍光顕微鏡付転がり滑り接触試験機の模式図を示す²⁾。試験機下部には、モータと連結されたサファイアディスクとボール試験片があり、ディスクに蛍光剤(クマリン 6)が添加されたグリースを塗布した。ボール試験片を上下させ、荷重が5Nになるようにサファイアディスクとボール試験片を接触させた。ディスクとボールを表面速度が同じになるように往復動運動及び一方方向運動させ、潤滑面を形成した。その流動挙動を試験機上部の蛍光顕微鏡と各種カメラで撮影した。往復動では高速度カメラ、一方方向運動では視野の広い一眼レフカメラを使用した。

Table 1 General properties of sample greases

Test Items	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D
Thickener type	Lithium soap	Lithium complex soap	Alicyclic - aliphatic diurea	Alicyclic - aliphatic nano diurea
Thickener content, mass%	11	18	10	12
Base oil type	Poly- α -olefin(VG100)			
Worked penetration (RT)	265-295 (NLGI No.2)			
Thickener median size / D50, μm	5.2	10.3	25.4	1.9

※グリース増ちょう剤の粒子径（メディアン径：D50）は島津製作所製のSALD-7500nanoを用いて測定した値を掲載

Table 2 Fluorescence observation condition

Reciprocating motion	Condition ①	Condition ②
Speed	9.16mm/s	73.3mm/s
Stroke	4.58mm	4.58mm
Frequency	1Hz	8Hz
SSR	0	0
Number of rounds	25cycles	25cycles

Unidirectional movement	Condition ③	Condition ④
Speed	100mm/s	10.0mm/s
Time	1hour	1hour
SSR	0	0

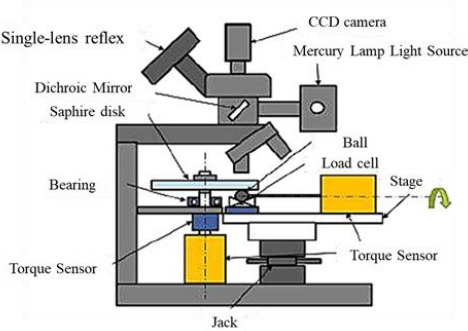


Fig. 1 Schematic diagram of rolling sliding contact tester with fluorescence microscope

3. 試験結果と考察

空隙の発展を，往復動ではクローズドキャビテーション→フィンガーキャビテーション→不規則な形，一方向運動では状態①→状態②→状態③→状態④に分類した．いずれもこの順で空隙が発展した．

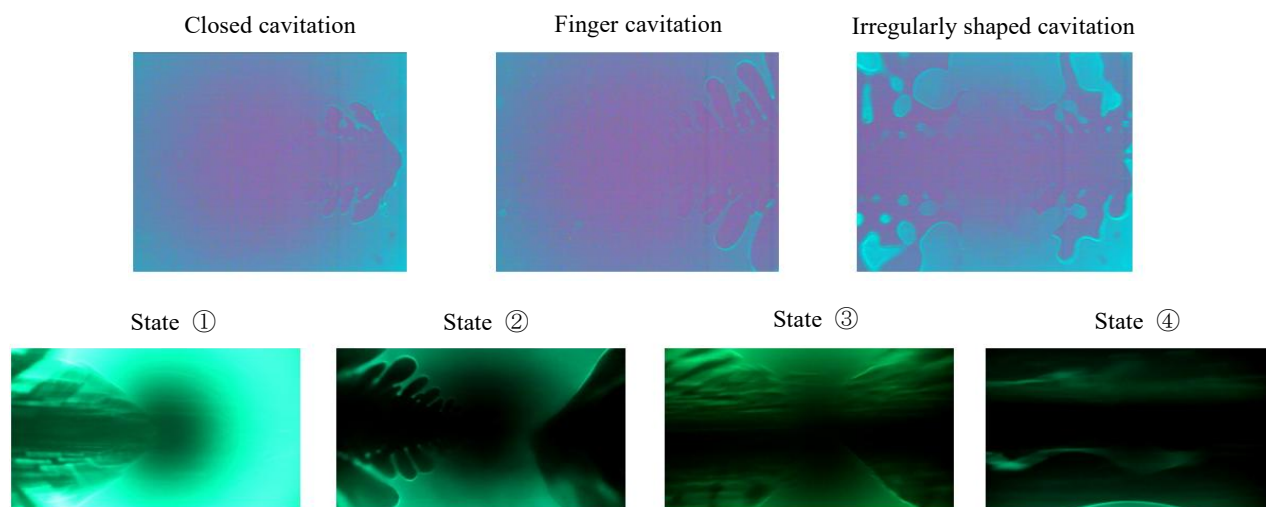


Fig. 2 Classification of cavitation

全条件において，微細化した脂環式一脂肪族ジウレアは空隙が発展しにくく，8Hz の試験では往路で空隙の大きさが成長するが復路で油膜状態が良好に回復することが確認された．リチウムコンプレックスグリースは全条件において空隙の発展が著しかった．脂環式一脂肪族ジウレアはリチウムコンプレックスセッケンほどではないものの空隙が発展しやすかった．とくに一方向運動でウレアグリースは唯一状態③を保った．状態③は接触域前後の空隙が接続と断続を繰り返す状態である．リチウムセッケンは，往復動，一方向運動に関わらず，高速側の条件で空隙が発展しやすく，低速側の条件で空隙が発展しにくかった．よって，0.01～0.1m/s の速度域において速度に応じて流動性が異なり，潤滑特性も変化していることが予想される．

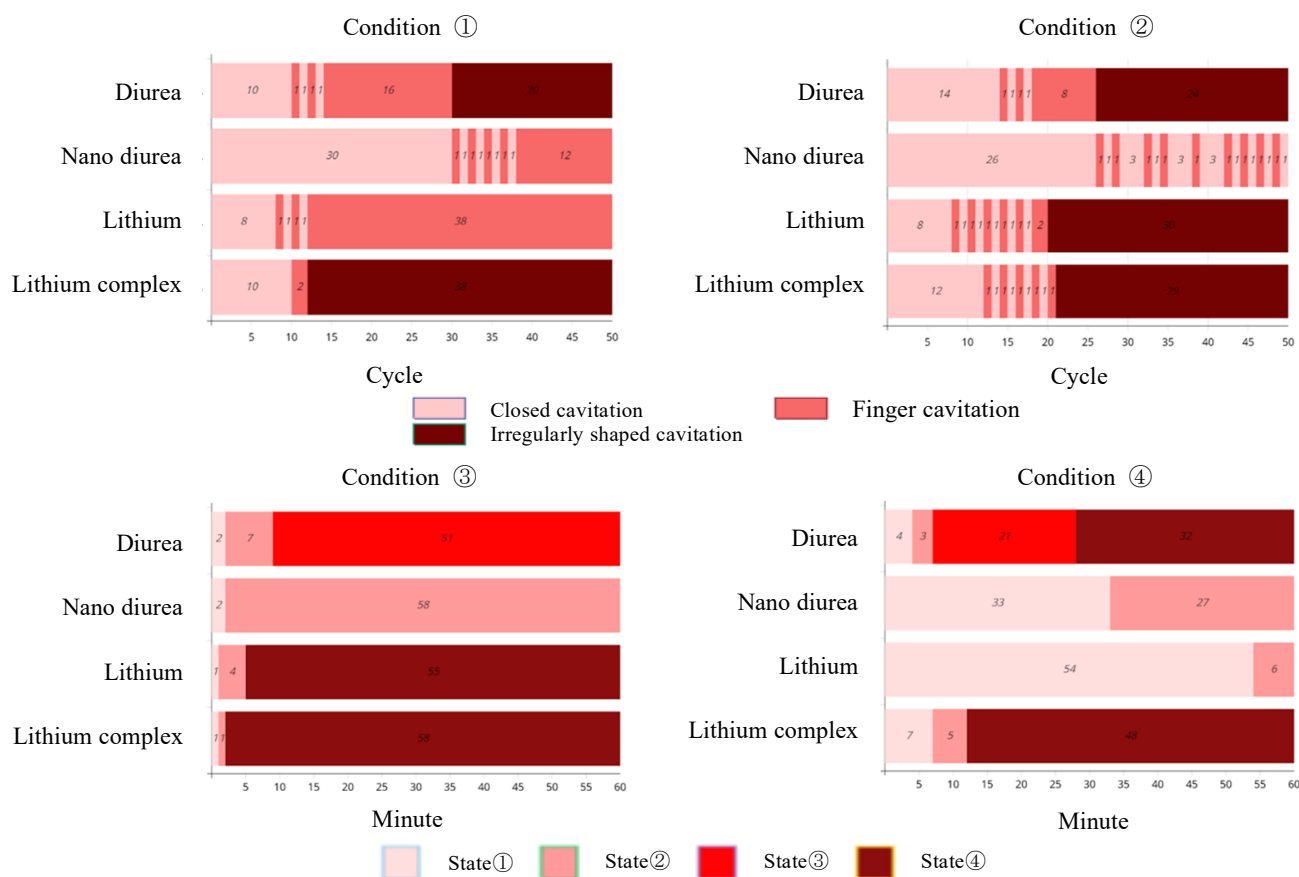


Fig. 3 Development of cavitation

高速度カメラで撮影したスロー映像から、グリース中にダマとして存在している増ちょう剤が接触域で押しつぶされ、接触域後方のディスク表面に析出し、堆積しているのが確認できた。この挙動はリチウムコンプレックスグリースで最も強くみられ、次にウレアグリースで強くみられた。リチウムグリースではわずかにみられ、ナノウレアグリースでは見られなかった。

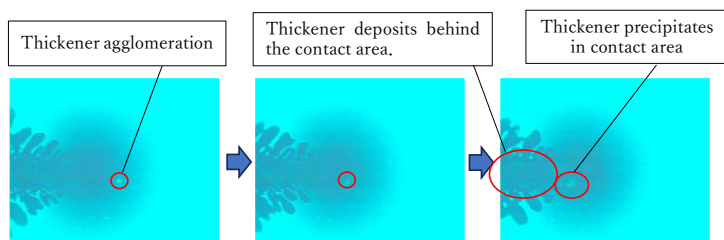


Fig. 4 deposition of thickener

空隙が不規則な形まで発展した場合、接触域前後の空隙が繋がる際、これから空隙が移動する箇所に黒い筋が確認された。この挙動は脂環式一脂肪族ジウレア、リチウムセッケン、リチウムコンプレックスセッケンの不規則な形の空隙が生じている時にみられた。蛍光剤であるクマリンは主に増ちょう剤と親和しているため、グリース中で暗くなっているところは増ちょう剤濃度が低いと予想される。よって、増ちょう剤濃度が薄い箇所を空隙は移動しやすく、この空隙の移動のしやすさが空隙の形の維持を妨げていると予想される。

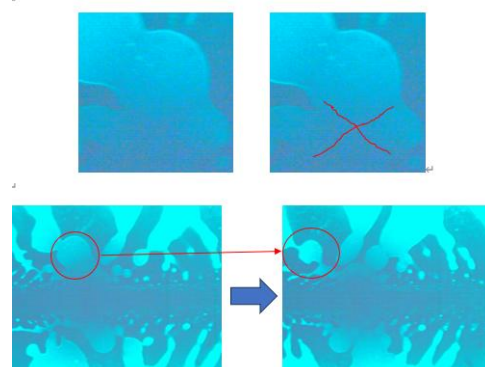


Fig. 5 Black line

考察

往復動、一方向運動ともに、微細化したジウレア>リチウムセッケン>リチウムコンプレックスセッケン、ジウレアの順で空隙は発展しにくかった。よって、流動性は、微細化したジウレア>リチウムセッケン>リチウムコンプレックスセッケン、ジウレアの順で良いと考える。この序列は増ちょう剤のダマの少なさと相関があった。一方で本実験では、ダマとなった増ちょう剤がディスク表面に増ちょう剤が析出することと、グリース中の増ちょう剤濃度が薄い箇所を空隙が伝わりやすいことが確認できた。以上の点からグリース中の増ちょう剤のダマがグリースの流動特性に大きく関与していると考えられる。増ちょう剤のダマがみられない微細化したジウレアは増ちょう剤の析出がみられず、空隙の発展も全条件下において4種類のグリースの中で唯一不規則な形の空隙を生じなかった。増ちょう剤のダマの粒径が大きいウレアグリース、リチウムコンプレックスグリースは増ちょう剤の析出が顕著で、増ちょう剤濃度が低いであろう箇所を空隙が伝播し空隙が発展しやすくなっていたと考えられる。増ちょう剤が低濃度の箇所である筋の出現は、増ちょう剤の析出によるグリース本来の増ちょう剤濃度の低下や不均一性に起因すると考えられる。よって、ダマの粒径が大きいと析出されやすく、増ちょう剤の濃度に不均一性をもたらされ、グリースの流動特性の悪化をもたらすと考えられる。



Fig. 6 Comparison of thickener agglomeration

4. おわりに

本研究では、増ちょう剤の異なる4種類のグリースの流動挙動の違いやグリース潤滑性能の低下などについて直接観察を行った。微細化したジウレアやリチウムセッケンでは増ちょう剤の析出が少なく、グリース内の濃度の不均一化が抑えられ、グリースの劣化及び潤滑不良を防ぐことが明らかとなった。

文献

- 1) 外尾 道太：グリースによる転がり軸受の低トルク化技術，トライボロジスト第63巻 第2号(2018)
- 2) 設楽 裕治：グリースの潤滑挙動に関する研究，JXTG Technical Review VOL60 No.2(2018)