

## 大きく異なる濡れ性を有する表面間の潤滑特性

Lubrication characteristics between surfaces with significantly different wettability

九大（院）\*久我 康太 九大（正）八木 和行 住友電工（非）前田 聡

住友電工（非）中島 新之助 住友電工（非）小林 英一 住友電工（非）中林 誠

Kota Kuga\*, Kazuyuki Yagi\*, Satoshi Maeda\*\*, Shinnosuke Nakajima\*\*

Eiichi Kobayashi\*\*, Makoto Nakabayashi\*\*

\*Kyushu University, \*\*Sumitomo Electric Industries, Ltd.

## 1. はじめに

一般に、水を潤滑剤として用いた場合、摩擦係数は摩擦面の材料に大きく依存し、高い潤滑性能を実現することは困難とされてきた。しかし、疎水性と親水性の摩擦材料を組み合わせた場合、水は高い潤滑性能を示し、条件によっては潤滑油を用いた場合よりも低い摩擦係数を示すことが確認されている<sup>1-3)</sup>。

本研究では、代表的な撥水性材料であるポリテトラフルオロエチレン(polytetrafluoroethylene: PTFE)を用い、大きく異なる濡れ性を有する表面間の潤滑特性を摩擦係数や油膜厚さを計測して調べた。

## 2. 実験方法

本研究では、回転式摩擦試験機を用いた。実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。本試験機では、SUJ2 製円板に PTFE をコーティングしたディスクと平凸型 BK7 製レンズを点接触させ、潤滑面を作った。レンズ試験片にはエアシリンダによって任意の荷重をてこ式に負荷することができ、負荷した荷重はロードセルで測定した。また、レンズ固定部はダブルカンチレバーで支持されており、支持部に取り付けたひずみゲージでしゅう動面の摩擦力を測定した。得られた荷重と摩擦力から摩擦係数を算出した。

実験条件を Table 1 に示す。10 N の荷重をかけた状態でディスクとレンズを接触させ、すべり速度を 10 mm/s から 500 mm/s まで増加させながら摩擦力を測定した。ディスクとレンズは実験前にアセトンで超音波洗浄を行った。すべり速度を変更する際はディスクとレンズを一旦離し、変更してから再度接触させた。各速度につき 10 秒間摩擦力を測定し、その間の平均値を摩擦係数の算出に用いた。

潤滑剤には水その他、極性のないアルカン（ヘキサン、オクタン、ドデカン）と極性を有するアルコール（エタノール、ヘキサノール、オクタノール、ドデカノール）を用い、それぞれの潤滑剤を潤沢に供給した状態で実験を行った。各潤滑材の詳細を Table 2 に示す。

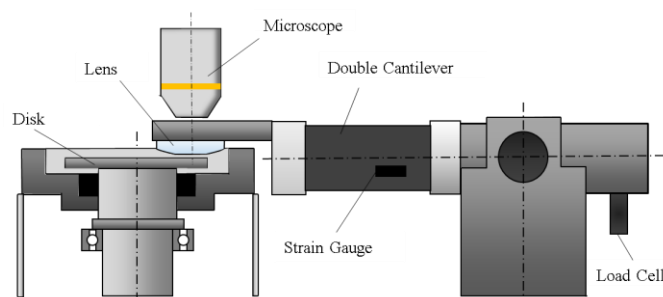


Fig. 1 Schematic of testing machine

Table 1 Test conditions

Disk	Diameter, mm	70
	Surface roughness, $\mu\text{m}$	0.14
Lens Curvature Radius, mm		77.85
Load, N		10
Contact Radius, mm		0.21
Maximum Hertzian Pressure, MPa		72.2
Sliding Speed, mm/s		10~500
Temperature, $^{\circ}\text{C}$		27

## 3. 実験結果

Figure 2 (a) に水とアルカンを潤滑剤として用いた場合と無潤滑状態での摩擦係数を示す。無潤滑の場合と比較すると、水を用いたときに明らかに摩擦係数が低減していることが確認できる。一方で、ヘキサンやオクタンを用いたときは、無潤滑の場合よりも高い摩擦係数を示しており、潤滑の妨げになっていることがわかる。しかし、ドデカンを用いた場合のみ摩擦係数は低くなっており、ほとんど水と

Table 2 Details of the liquid used in the experiment

	Structural formula	Molecular weight	Contact angle, deg	
			Disk	Lens
Water(H <sub>2</sub> O)	$\text{H}-\text{O}-\text{H}$	18.0	94.3	39.4
Hexane(C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )		86.2	8.2	-
Octane(C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> )		114.2	11.0	-
Dodecane(C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> )		170.3	26.8	-
Ethanol(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)		46.1	20.8	-
Hexanol(C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> OH)		102.2	36.3	-
Octanol(C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> OH)		130.2	43.4	4.0
Dodecanol(C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> OH)		186.3	53.7	11.1

同じ挙動を示すことが確認された。また、アルカンの鎖長が長いほど低い摩擦係数を示すことがわかる。

Figure 2 (b) に水とアルコールを潤滑剤として用いた場合と無潤滑状態での摩擦係数を示す。アルカンと同様に鎖長が長くなるほど摩擦係数が低下していることがわかる。アルコールの場合は全て無潤滑よりも低い摩擦係数となり、特にヘキサノールおよびそれよりも鎖長が長いアルコールの場合、水よりも摩擦係数が低下している。

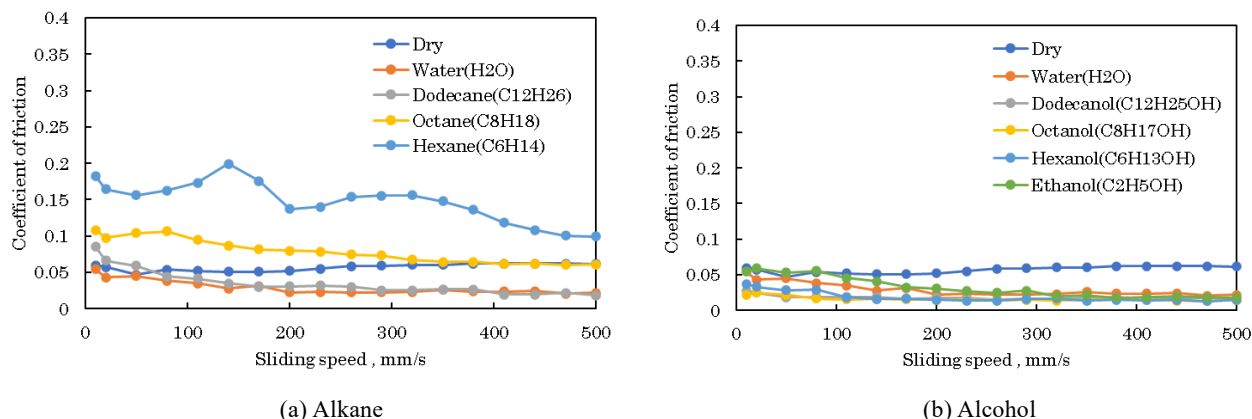


Fig. 2 Comparison in coefficient of friction between alkanes and alcohols

#### 4. 考察

全体的な傾向として、潤滑剤を用いた場合、すべり速度が上がるにつれて摩擦係数が右肩下がりに低くなっていることがわかる。このことから、いずれの条件においても潤滑形態は混合潤滑であることが予想される。

ドデカンとドデカノールを用いたときの接触面および運転後のレンズ表面を顕微鏡で観察した画像を Fig. 3 に示す。ドデカンを用いた場合、運転開始直後にレンズにコーティングしたクロム膜が剥がれるようすが確認されたことから、ディスクとレンズは直接接触していると考えられる。また、ドデカノールを用いた場合、クロム膜は残っているものの、接触面中心部の色相に大きな変化はなく、膜厚を測定することができなかった。光干渉法の測定限界よりもディスクの表面粗さの方が大きいことから、混合潤滑の状態になっていると考えられる。

このような薄膜下にもかかわらず、低摩擦を実現できている原因については、2つの摩擦面の疎水・親水性の差異によるものであることが指摘されている<sup>1-3)</sup>。本研究の結果でも、レンズ表面は親水性であるのに対し PTFE 表面は撥水性であり、接触角が大きくなるほど摩擦係数が低下する傾向がみられていることから、潤滑面を形成する2表面の濡れ性の違いが摩擦特性に影響を与えているといえる。より詳細な低摩擦化機構を明らかにするには、表面への吸着膜の挙動や表面と液膜との相互干渉によって現れる構造力<sup>4)</sup>の発現などの分子層レベルでの潤滑膜の挙動の理解が必要である。

#### 5. おわりに

本研究では大きく異なる濡れ性を有する表面間の潤滑特性を調べることを目的に、水および数種類のアルカンやアルコールを潤滑剤に用いた実験を行った。その結果、水、アルカン、アルコールともに十分な流体潤滑膜が形成されているとは言えない薄膜条件であっても摩擦係数は低く、鎖長が長くなるほど摩擦係数は低下していき、摩擦係数が 0.02 程度にまで低下することが明らかになった。

#### 文献

- 1) A. Borruto, G. Crivellone, F. Marani: Influence of surface wettability on friction and wear tests, *Wear*, 222 (1998) 57-61.
- 2) Z. Pwlak, W. Urbaniak, A. Oloyede: The relationship between friction and wettability in aqueous environment, *Wear*, 271 (2011) 1745.
- 3) 和田・平岡：トライボロジー会議 2020 秋 別府 予稿集 E35.
- 4) イスラエルアチヴィリ：分子間力と表面力 第二版, 朝倉書店 (1996) 249.

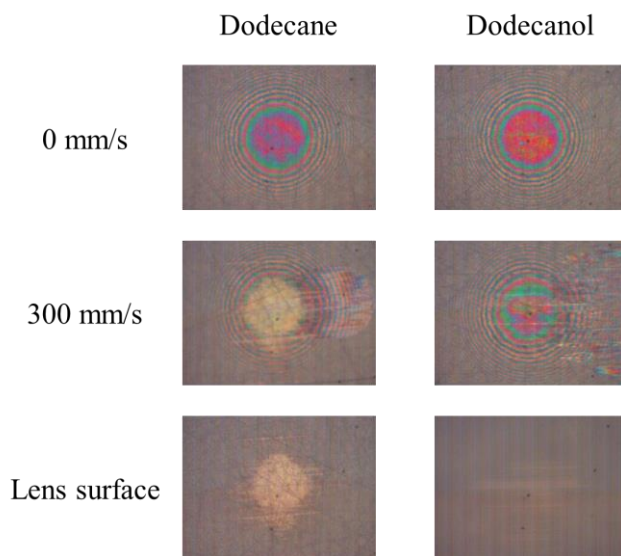


Fig. 3 Contact surface and lens surface