

# 摺動界面における液体潤滑剤および油性剤の分子挙動

Authors Molecular behavior of liquid lubricants and additives at sliding interfaces

千葉大院・工（正）\*樋口 雅也 千葉大院・工（非）仲野 綾 千葉大院・工（非）宮前 孝行

Masaya Higuchi\*, Ryo Nakano\*, Takayuki Miyamae\*, \*\*, \*\*\*

\*Chiba University, \*\*MCRC Chiba University, \*\*\*SMARC Chiba University

## 1. 序論

機械摺動部における摩擦・摩耗抑制のために欠かせない液体潤滑剤については、使用条件による潤滑剤の選定方法は経験則に基づいているものが多く、特に界面における添加剤の分子配向挙動と摩擦低減効果との関係は明確にはなっていない。この添加剤については、先行研究により、潤滑剤に加える添加剤の分子構造の違いによって摩擦係数が変化することが明らかになっているが[1]、摺動条件下の界面で基油と添加剤分子がどのような配向をとり、加えた添加剤の分子が摩擦界面に対してどのように作用することで摩擦係数が変化しているかについては、トライボロジー分野における重要な課題の一つである。本研究では、添加剤の摩擦低減効果を分子レベルで解明することを目的とし、界面特異的な振動分光法である振動和周波発生（vibrational sum-frequency generation, SFG）分光法を用いて、摺動条件下における界面の分子挙動のその場観測を行い、その分子配向挙動について解析を行った。

## 2. 実験

試料には潤滑剤の基油となる DURASYN®162 PAO (INEOS Oligomers 社)と、この基油にオレイルアミンを0~1 wt%の間で加えたものを調製し、ガラス基板に塗布して測定を行った。Fig. 1に摺動条件下における SFG 測定の試料測定部の概略を示す。潤滑剤を塗布したガラス基板上に置いた半円筒サファイアプリズムを治具で固定し、試料を固定したステージを回転させることで測定位置を移動させることなく一定速度での摺動環境を実現した。摺動速度はステージの回転速度と回転中心から測定位置までの距離を変えることで調節し、1.5 mm/s で摺動させた。光の入射面とプリズムの摺動方向が  $0^\circ$  となる方位を  $\gamma = 0^\circ$  として、複数の方位角を測定し摺動に伴う界面での面内配向挙動のその場観察を行った。

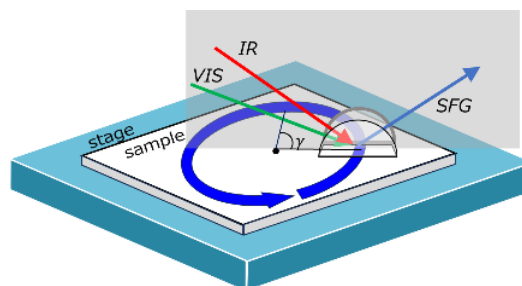


Fig. 1 Schematic diagram of sample stage for in situ SFG measurements.

## 3. 結果・考察

Fig. 2 に添加剤濃度を変化させて SSP (S : SFG 光, S : 可視光, P : 赤外光) 偏光で測定した、プリズム-潤滑剤界面の SFG スペクトルを示す。2850  $\text{cm}^{-1}$ , 2915  $\text{cm}^{-1}$  に、それぞれ  $\text{CH}_2$  基の対称、逆対称伸縮、基油のみの SFG スペクトル(Fig. 2(a))では2880  $\text{cm}^{-1}$  に  $\text{CH}_3$  基の対称伸縮のピークが観測された。摺動条件下では、 $\text{CH}_2$  及び  $\text{CH}_3$  ピークの面内異方性がはっきりと表れており、摺動により分子差が摺動方向に一軸配向していることがわかる。また、オレイルアミンの添加濃度の増加に伴い、 $\text{CH}_2$  基に対する  $\text{CH}_3$  基の対称伸縮ピークの強度が減少していくが、この挙動は動摩擦係数の低下と良い相関を示した。このことから、摺動条件下ではプリズム界面に添加剤であるオレイルアミンが水平に配向した状態で吸着し、添加剤濃度の増加とともに、界面に吸着している基油が減少していくことで摩擦係数が低下した[2]と考えられる。また、オレイルアミン濃度の上昇に伴い、 $\text{CH}_3$  基対称伸縮ピークの振幅強度の面内異方性が弱くなって等方的な配向に変化することが確認された。これらのことは、摺動時のプリズム-潤滑剤界面における基油の  $\text{CH}_3$  基の配向が摩擦に大きく関与しており、基板に吸着した添加剤が基油と基板との摩擦を低下させていることを強く示唆している。

### 文献

- 1) H. Koshima et al., *Tribology Online*, **5**, 165-172 (2010).
- 2) S. Watanabe et al., *Langmuir*, **32**, 13649-13656 (2016).

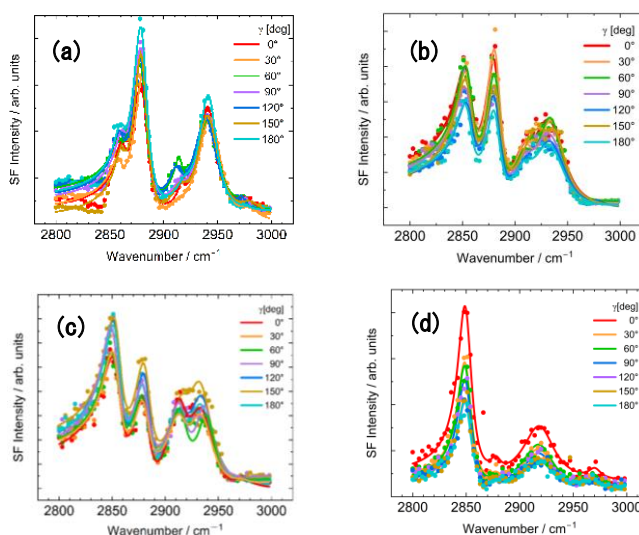


Fig. 2 SFG spectra in SSP polarization combination of base oil and oleyl amine—prism interfaces. (a) 0 wt%, (b) 0.1 wt%, (c) 0.2 wt%, and (d) 1.0 wt%.