

# ナノ空間に閉じ込められた潤滑油の力学的挙動

(出光興産株式会社・営業研究所) 田村 和志

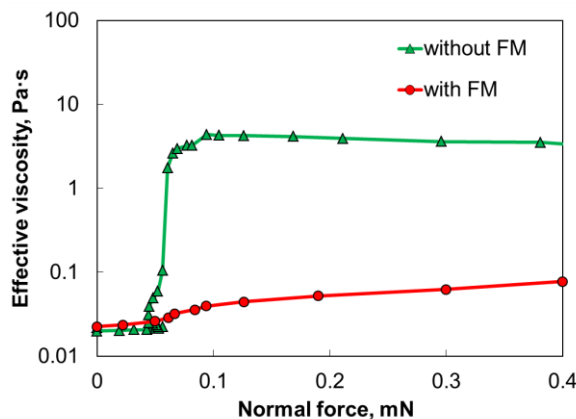
## 【はじめに】

地球温暖化対策のため、エネルギー効率の向上を目的として、機械要素の摩擦損失の低減が求められている。例えば自動車の場合、エンジンで発生するエネルギーのうちの 16.5%が摩擦損失として失われているという報告があり<sup>(1)</sup>、これを低減することは重要である。潤滑油を介した固体間の摩擦は、対向する二面が接触あるいは接近した状態に発生する力学的作用が起源となっていると考えられるが、そのメカニズムは未解明である。Bowden や Tabor らによって提唱された古典的モデルでは、①真実接触部内における乾燥摩擦、②表面に付着した膜を介した境界摩擦、③接触部外における潤滑油の粘性抵抗の三項の存在が仮定されている。ただし近年、ナノ空間に閉じ込められた液体が、バルクとは異なる特性を示す例が報告されており<sup>(2)</sup>、その粘性抵抗の項すら単純でないことが示唆される。従って、潤滑油のナノ空間における力学的作用を調べ、摩擦との関連を解析する必要がある。

## 【結果と考察】

表面力装置(SFA; Surface force apparatus)に共振ずり測定(RSM; Resonance shear measurement)の機能を組み合わせた SFA-RSM<sup>(2)</sup>を用い、対向する二つの雲母表面間に潤滑油をはさんで接近させ、その時の斥力とずり粘性を解析した。潤滑油に一般的に用いられるパラフィン系鉱物油をはさんだ場合、表面間距離を小さくしていくと、表面間距離 10 nm 程度において斥力が検出され始めた。この斥力は二面の接近とともに急激に増大し、表面間距離は 0 に到達しなかった。この時のずり粘性を評価した結果、斥力発生と同時に粘度が急激に増大していた。このことから、鉱物油には、ナノ空間への閉じ込めにより流動性を失い、固体表面同士の接触を防ぎながら摩擦を増加させる効果があると考えられる。

次に、摩擦低減を目的に潤滑油に添加される摩擦調整剤(FM; Friction modifier)を配合した鉱物油について、同様の解析を行った。用いた FM はオレイル基と水酸基を持つ両親媒性化合物である。FM を配合した場合、斥力が発生しているにもかかわらず、粘性の急激な増大が観察されなかった(右図)。このことは、ナノ空間への閉じ込めによる鉱物油の流動性の喪失が FM によって抑制されることを示しており、FM の摩擦低減効果との関連が示唆される。



## 【参考文献】

- (1) K. Holmberg, P. Andersson & A. Erdemir: Global Energy Consumption due to Friction in Passenger Cars, Tribol. Int., 47 (2012) 221.
- (2) H. Sakuma, K. Otsuki & K. Kurihara: Viscosity and Lubricity of Aqueous NaCl Solution Confined between Mica Surfaces Studied by Shear Resonance Measurement, Phys. Rev. Lett., 96 (2006) 046104.