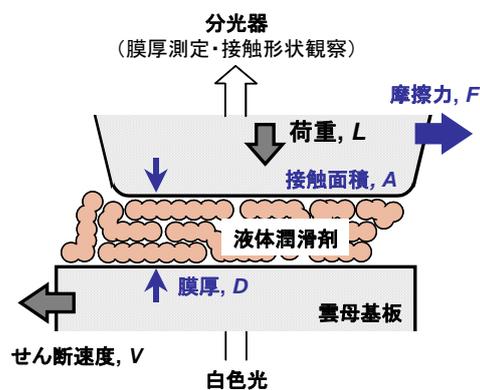


ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	5. 固体表面・界面
中項目	5-3. 表面力
小項目	5-3-4. ずり測定による微細空間の液体の評価

概要（200字以内）

ナノオーダーの空間に閉じ込められた液体は、制限空間効果に基づく構造化により、バルク液体とは大きく異なる特性を示す。主として表面力測定装置（Surface Forces Apparatus, SFA）を用いたずり測定法の開発により、分子数層レベルの液体薄膜の構造・物性が直接評価できるようになってきた。微細空間における液体分子の配向や構造形成などが実験的に解明されつつあり、界面物性制御技術やナノテクノロジー分野に新しい着眼点を与えている。



現状と最前線

SFAを用いた液体超薄膜のずり物性の研究は、Israelachvili（カリフォルニア大学サンタバーバラ校）らによる測定手法の開発と共に1980年代後半より急速に発展してきた¹⁾。界面活性剤単分子膜や低分子液体系の潤滑油薄膜を対象とし、測定技術の深化と共に磨耗の無い平滑表面間での摩擦・潤滑挙動の基礎的知見が積み上げられてきた。特に超薄膜液体に関しては、微細空間での液体の構造化現象を表面力（垂直方向の溶媒和力）と併せて議論することで、表面間距離（液体膜厚）の減少に伴う液体構造の変化とずり物性が詳細に解明されてきている。

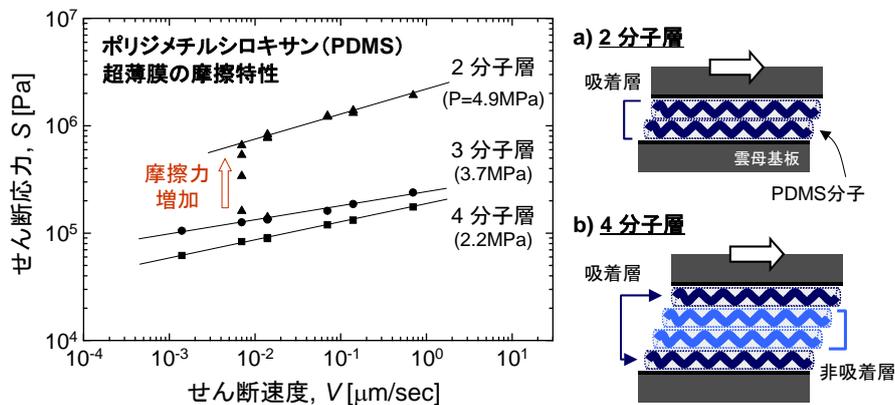
最近（2000年以降）の本分野の研究は、1）微細空間における水系潤滑、2）非対称の分子形状を持つ潤滑油のせん断特性の解明、3）高分子潤滑剤の超薄膜状態での摩擦挙動解明、の3つの領域に特に力点が置かれて展開してきている。

1）水分子が微細空間で形成する構造と物性は、人工関節等における生体潤滑から地震発生の初期機構としての岩石間の摩擦に至る幅広い学術分野において、大きな関心が寄せられている。水の制限空間での実効粘度の測定から表面水和イオン間での摩擦力評価、また界面活性剤や水溶性高分子の水溶液系の潤滑における水分子の役割の解明などが進められている。

2）多くの実用潤滑油は、直鎖型よりも分岐型の分子構造を有するものが多い。SFAを用いた超薄膜状態における潤滑油のずり物性研究は、どちらかと言うと直鎖型や球状の分子など、幾何学的対称性の高い分子を対象とした基礎的な研究が多かった。最近のSFA実験から、非対称な分子形状を持つ潤滑油分子は、微細空間における幾何学的パッキングのしにくさから複雑

な摩擦・潤滑挙動を示すことが明らかになってきている。これらの知見は、ナノテクノロジーから宇宙材料に至る広範な分野における新規潤滑剤の分子設計に応用されている。

3) 溶融高分子を用いた超薄膜の物性・機能研究は、多くの実用技術と関連する。低分子液体は固体平板間に挟んで薄膜化すると、速やかに分子が界面から排出されて分子数層レベルまで薄膜化する場合が多い。それに対し、分子量の大きい溶融高分子の場合には、主として立体反発の作用により高分子の回転半径の数倍程度以下まで薄膜化することが難しく、機能性超薄膜を調製する上で課題の一つになっている。最近、垂直圧力とずり応力の付加によって、溶融高分子が固体表面に層状に堆積した高配向薄膜を形成できる可能性が見出されてきた。ポリジメチルシロキサン (PDMS, 平均分子量約 80000) における分子層状構造化の例²⁾ を図に示す。この結果は溶融高分子を潤滑剤とするナノトライボロジー設計の指針を与えるほか、機能性高分子超薄膜の調製方法としてナノテクノロジー分野に新しい可能性を開くものである。



1) J. Israelachvili and A. D. Berman, "CRC Handbook of Micro/Nanotribology, 2nd ed." (CRC Press, Boca Raton, FL, 1999) ch. 9.

2) 山田 真爾 「超薄膜潤滑油の液体構造とナノトライボロジー」 新しい分散・乳化の科学と応用技術の新展開 ((株)テクノシステム) 2006, 608-615.

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
 - SFA と分光学的解析手法の融合技術の拡充
 - 雲母以外の基板間での表面力・ずり物性解析手法の拡充
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 巨視的な摩擦・潤滑挙動とナノスケール物性を結びつける理論の構築

キーワード

表面力測定, ナノトライボロジー, 超薄膜潤滑, 液体構造, 水系潤滑

(執筆者: 山田真爾)