

力学機能のナノエンジニアリング
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

伊藤 伸太郎

名古屋大学 大学院工学研究科
准教授

界面相互作用計測による高分子境界膜の潤滑機構解明

研究成果の概要

ナノメートル厚さの高分子境界膜が発現する潤滑機能の解明を目指して、膜の力学物性(ずり粘弾性)・摩擦特性・ナノ構造の三者の相関関係を体系的に明らかにすることを目標としている。昨年度までの成果として、独自のナノオロジー計測法(FWM)を開発し、ナノメートルオーダーのすき間とずり粘弾性の同時測定を実現した。今年度は FWM を用いて、高い潤滑性をもつ水和ポリマーブラシ薄膜を対象とし、ずり粘弾性のすき間依存性と摩擦特性の相関解明を試みた。FWM の測定結果から、ずり粘弾性のすき間依存性は 5 つの特徴的なすき間領域に分類でき、これら領域の区分は膜に含まれる水分の量に主に依存することが明らかとなった。また 5 つのすき間領域のうち、ブラシ膜に水が十分に含まれる領域と、ブラシ膜に保持されていた水がほぼ排出される領域の 2 つの領域において、低摩擦係数であることが明らかとなった。本結果はすき間に依存して異なる潤滑機構があることを示唆しており、高分子境界膜を用いた潤滑設計に基盤的知見となるものである。

これまでの成果として、水和ポリマーブラシ膜の潤滑液に、ポリマー水溶液を用いると、水のみを潤滑液とした場合に比べ、摩擦係数が大幅に低下することを示した。本結果より、ブラシ膜表面に水溶液中のポリマーが吸着層を形成して低摩擦化に寄与したことが想定された。これを明らかにするために、X 線反射率(XRR)測定および中性子反射率(NR)測定による膜の構造解析を試みた。XRR 測定ではしゅう動直後の膜がブラシ層と吸着層の層構造を形成していること、NR 測定では層構造においてブラシ膜が支配的な基板近傍にポリマー密度の低い(水が多く含まれる)層が形成されていることが明らかとなった。今後は本研究で確立したナノ計測法を駆使して、層構造と力学物性・摩擦特性の関係を実験的に明らかにする。