

2023 年度年次報告書

トランススケールな理解で切り拓く革新的マテリアル

2023 年度採択研究代表者

大久保 光

横浜国立大学 大学院環境情報研究院

助教

SRT 材料の潤滑機構の階層的な理解と新機能開拓

研究成果の概要

ソフト&レジリエントトライボロジー (SRT) 材料, とりわけ「濃厚ポリマーブラシ」の階層的な潤滑機構の理解に向けて, 2 種の摩擦界面計測装置を開発した。

光干渉法と動力学計測により「界面厚み」と「粘弾性」を同時計測可能な独自の接触・摩擦試験機を開発し, CPB の層構造を可視化するスキームを提案した。本装置では, 単に接触試験を実施することで, 「接触力-膜厚曲線」及び「位相差-膜厚曲線」の 2 種の曲線を得ることができる。上述の二種の曲線から, CPB の力学的応答で定まる「境界線」を得ることができ, ここから「希薄層」, 「中間層」, 「濃厚層」の 3 層に CPB の層構造が分類できるものと結論した。また, 本手法を用いることで, 常温静置条件における CPB 各層の膨潤速度は, 「希薄層」, 「中間層」, 「濃厚層」の順で速いことが確認された。

CPB の潤滑機構の解明を目的として, 「Raman 分光分析装置」と「荷重制御型の摩擦試験機」を組み合わせた「in-situ Raman 摩擦試験機」を開発した。開発装置により, 接触・摩擦界面 (CPB-溶媒-鉄鋼球) の Raman 波形を時間分解で取得することで, CPB の摩擦に伴う界面構造の変化の追跡を試みた。なお, 本手法では, Raman 波形より, CPB・溶媒の濃度, ひずみ状態及び秩序性を時間分解で計測・推定することが可能である。実験の結果, 摩擦過程の進行に伴って, 摩擦面中央部における CPB 濃度及び溶媒濃度の減少, CPB 鎖の圧縮ひずみの増加及び CPB 鎖の秩序性の増加が確認された。摩擦場で圧子直下の CPB 鎖が圧縮状態であることは, 分子動力学シミュレーションの結果とも定性的に符合する。また, 摩擦界面における CPB 濃度と溶媒濃度の関係より, CPB の摩擦が溶媒濃度の減少 (系の膨潤度の低下) に伴って進行していることが示唆された。したがって, CPB の摩擦を抑制する方策の一つとして, 系の膨潤度の低下を阻止する手法が有効であるものと推察される。上記成果に基づき, 本研究の対象系において, Raman 分光分析を用いた摩擦界面のその場観察の有効性が確認された。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Hikaru Okubo, Daiki Kagiwata, Ken Nakano, Yoshinobu Tsujii, Layered Structure and Wear Mechanism of Concentrated Polymer Brushes, *Langmuir* (2023) 39, 50, 18458–18465
<https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.3c02751>