

革新的力学機能材料の創出に向けた
ナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明
2021年度採択研究代表者

2021年度 年次報告書

足立幸志

東北大学 大学院工学研究科
教授

トライボケミカル協奏反応の制御による超低摩擦界面の継続的創成と長期信頼性機械の設計基盤
の構築

§ 1. 研究成果の概要

2021年度は、超低摩擦界面の継続的自己形成のための表面・材料設計のベースとなる「超低摩擦界面及びその形成のためのトライボケミカル反応の解明」及び「継続的超低摩擦界面形成のためのトライボケミカル協奏反応機構解明」のための材料、分析ならびにシミュレーション手法の開発」を推進した。主たる研究成果の概要は以下の通りである。

(1) 超低摩擦界面及びその形成のためのトライボケミカル反応の解明

- ・炭素系硬質薄膜を用いた摩擦システムにおいて、超低摩擦現象の寿命が存在することを明らかにした。さらに、摩擦雰囲気相対湿度と酸素濃度が一定条件下を満たす場合、超低摩擦界面の継続的自己形成が実現し得ることを実証した。
- ・反応分子動力学シミュレータを活用することで、炭素系硬質薄膜の摩擦特性に関して、水、酸素、アルコールなどの多様な雰囲気場が与える影響を明らかにし、トライボケミカル反応がもたらす表面終端基の種類と数の変化が、摩擦特性を大きく変化させるメカニズムを解明した。

(2) 継続的超低摩擦界面形成のためのトライボケミカル協奏反応機構の解明

- ・水中において許容荷重の高い超低摩擦発現界面の継続的自己形成を目的に、水中におけるトライボケミカル反応に起因した超低摩擦界面形成を誘起することが可能な被膜を導入しその有効性を実証した。
- ・連続的反応の解明を可能とするグランドカノニカル反応分子動力学シミュレータの開発のために、反応分子動力学シミュレータの拡張を行った。具体的には、従来のシミュレーションは系内の原子数が一定という制限が課せられていたのに対し、系内への反応分子の供給と摩擦分子の削除を可能とするアルゴリズムを新規に導入することで、摩擦界面での連続的反応の解析を可能とした。

§ 2. 研究実施体制

(1) 足立グループ

- ① 研究代表者: 足立 幸志 (東北大学工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・トライボケミカル反応膜の把握と形成のための必要条件の把握
 - ・ナノ・メゾスケールで制御されたテクスチャ及び被膜形成手法の開発

(2) 久保グループ

- ① 主たる共同研究者: 久保 百司 (東北大学金属材料研究所 教授)
- ② 研究項目
 - ・摩擦界面で起こるトライボケミカル反応ダイナミクスの理論的解明
 - ・連続的反応の解明を可能とするグラントカノニカル反応分子動力学シミュレータの開発とトライボケミカル協奏反応の理論的解明

(3) 平山グループ

- ① 主たる共同研究者: 平山 朋子 (京都大学大学院工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・中性子反射率法および X 線吸収微細構造解析法によるトライボ界面の物理化学分析手法の確立

(4) 七尾グループ

- ① 主たる共同研究者: 七尾 英孝 (岩手大学理工学部 准教授)
- ② 研究項目
 - ・四重極型質量分析計(Q-mass)付高温・雰囲気制御型摩擦試験機の確立

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Three Tribolayers Self-Generated from SiC Individually Work for Reducing Friction in Different Contact Pressures”, J. Phys. Chem. C, vol. 126, pp. 2728–2736, 2022