

足立 幸志

東北大学大学院工学研究科  
教授

超低摩擦機械システムのためのトライボ化学反応を制御したナノ界面創成

## § 1. 研究実施体制

### (1) 足立グループ

- ① 研究代表者: 足立 幸志 (東北大学大学院工学研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・低摩擦を発現するナノ界面構造の分析・解析手法の開発
  - ・ナノ界面の特性分布評価システムの開発
  - ・種々因子の摩擦係数とトライボ化学反応に及ぼす影響の実験的解明

### (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
  - ・トライボ化学反応ダイナミクスの理論的解明

### (3) 杉村グループ

- ① 主たる共同研究者: 杉村 丈一 (九州大学大学院工学研究院 教授)
- ② 研究項目
  - ・高純度ガス雰囲気における超低摩擦発現機構の実験的探求

### (4) 上坂グループ

- ① 主たる共同研究者: 上坂 裕之 (岐阜大学工学部 教授)
- ② 研究項目
  - ・超高速成膜 DLC のさらなる低摩擦化に向けた Si-DLC 膜の低摩擦化メカニズムの解明

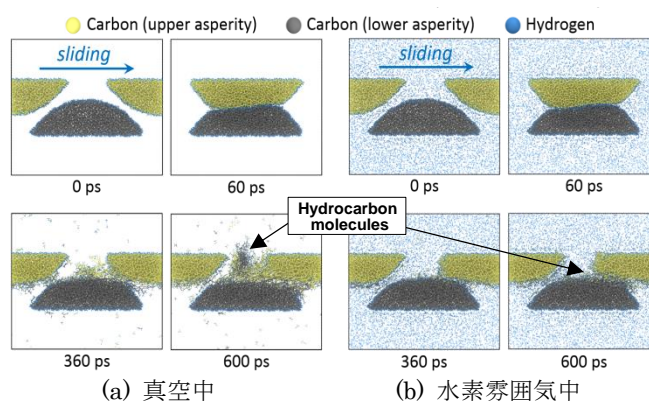
## § 2. 研究実施の概要

本プロジェクトの基盤技術として開発した「低摩擦発現界面構造の分析・解析手法」、「摩擦面その場観察・分析手法」及び「トライボ化学反応ダイナミクスおよび成膜の理論的追及のためのシミュレータ」を用いた実験と解析により、炭素系硬質薄膜(窒化炭素膜(CNx))、炭素繊維充填樹脂複合材およびケイ素系セラミックスを用いた摩擦システムにおける低摩擦発現ナノ界面の構造およびトライボ化学反応の解明を推進した。さらに、それらにより得られた知見をもとに、低摩擦発現のためのトライボ化学反応制御技術・ナノ界面最適化技術開発にも着手した。

なかでも、無潤滑下で摩擦係数 0.01 以下の非常に低い摩擦を実現する窒化炭素膜を用いた摩擦システムは水素雰囲気下において、従来明らかにされてきた窒素環境下の低摩擦発現の場合と比較し、桁高い許容荷重を有することを実験的に明らかにした。

また、化学反応を扱える ReaxFF を用いたシミュレーションにより、水素終端された炭素系硬質薄膜同士の摩擦において、炭化水素分子としての摩擦が発生し、その摩擦は水素雰囲気中において真空中と比較し抑制され得ることを明らかにした(下図)のに加え、真空中では、低摩擦発現に寄与する炭素系硬質薄膜の水素終端が常に失われ減少するのに対し、水素雰囲気中では常に雰囲気の水素分子によって補われることを明示した。

これらの結果は、トライボ化学反応によるナノ界面の形成およびナノ界面による低摩擦発現を明示するとともに、実験と解析により実用的な新しい潤滑システムとして、水素雰囲気下での半永久的な低摩擦発現システムの構築の可能性を示す有益な成果である。



### 代表的な原著論文

Y. Wang, J. Xu, Y. Ootani, S. Bai, Y. Higuchi, N. Ozawa, K. Adachi, J. M. Martin, M. Kubo, Tight-Binding Quantum Chemical Molecular Dynamics Study on the Friction and Wear Processes of Diamond-Like Carbon Coatings: Effect of Tensile Stress, ACS Appl. Mater. Interfaces 9, 34396, 2017.

Y. Kurahashi, H. Tanaka, M. Terayama and J. Sugimura, Effects of Environmental Gas and Trace Water on the Friction of DLC Sliding with Metals”, Micromachines, 8, 217, 2017.

I. Tanaka, T. Nakano, H. Kousaka, H. Hashitomi, Tribological Behavior of Unlubricated Sliding between A Steel Ball and Si-DLC Deposited by Ultra-High-Speed Coating Employing An MVP Method, Surface and coatings Technology, 332, 128, 2017.