

足立 幸志

国立大学法人東北大学 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 (名古屋大学大学院工学研究科、准教授)
- 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

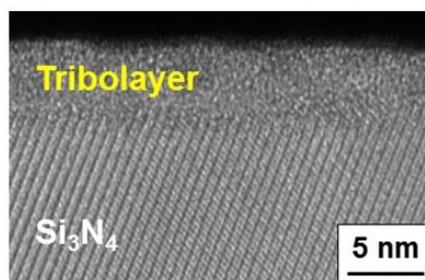
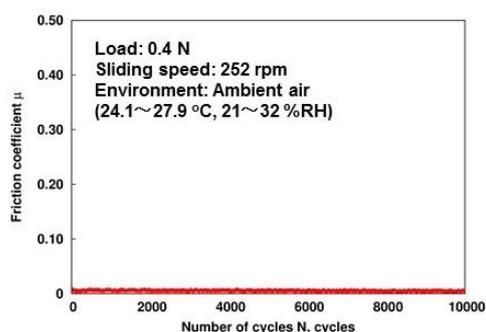
## § 2. 研究実施の概要

本プロジェクトの基盤技術となる「低摩擦発現界面構造の分析・解析手法」、「摩擦面のその場観察・分析手法」、「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」の開発に注力し、それらを用いた実験と解析により、炭素系硬質薄膜(ダイヤモンドライクカーボン膜(DLC)と窒化炭素膜(CN<sub>x</sub>))、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構造およびトライボ化学反応の解明を推進した。

DLCやCN<sub>x</sub>などの硬質炭素膜に加え、炭素繊維充填樹脂複合材においても相手材に炭素の移着に起因したナノ界面の形成による超低摩擦発現の可能性を有することを実験的に示したことは主たる成果である。

また本研究において明らかにされた炭素系硬質膜を用いた摩擦システムによる低摩擦発現のための必要条件に基づいて設計されたCN<sub>x</sub>膜を用いた摩擦システムにより、大気中において0.01以下の低く非常に安定した摩擦係数を発生させることに成功した(右図)。さらにその際には、相手材摩擦表面全域に右の断面TEM写真に示す炭素ベースの厚さ5 nmのナノ界面層が自己形成し続け、その結果として極めて低く安定した摩擦が持続されていることを明らかにした。

これは、低摩擦ナノ界面の自己形成・自己修復により超低摩擦を発現・維持させる機械システムが可能となることを意味する結果である。



### 代表的な原著論文

Naohiro Yamada, Tomomi Watari, Takanori Takeno and Koshi Adachi, Role of Water and Oxygen Molecules in the Lubricity of Carbon Nitride Coatings under a Nitrogen Atmosphere, *Tribology Online*, 11, 2, pp 308-3019, 2016. (DOI: 10.2474/trol.11.308)

Takuya Kuwahara, Hiroshi Ito, Kentaro Kawaguchi, Yuji Higuchi, Nobuki Ozawa, and Momoji Kubo, “Origin of Chemical Order in a-Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub>H<sub>z</sub>: Density-Functional Tight-Binding Molecular Dynamics and Statistical Thermodynamics Calculations”, *The Journal of Physical Chemistry C*, 120, pp 2615-2627, 2016. (DOI: 10.1021/acs.jpcc.5b08561)

Hirotsuna Sato, Takanori Takeno and Koshi Adachi, Formation of Lubricious Carbon Films by Added Carbon Nanoparticles in Water, *Tribology Online*, 11, 2, pp 455-459, 2016. (DOI: 10.2474/trol.11.455)