

# 5th International Tribology Symposium of IFToMM

名古屋大学大学院工学研究科 マイクロ・ナノ機械理工学専攻

助教 張 鋭璽

(2023 年度 国際会議参加助成 AF-2023064-Y2)

キーワード：炭素硬質薄膜、腐食、摩擦摩耗

## 1. 開催日時

2024 年 5 月 6 日～2024 年 5 月 9 日

## 2. 開催場所

イタリア サレルノ

## 3. 国際会議報告

この会議は、トライボロジー（摩擦学）の最新研究を主要テーマとし、以下のテーマが取り上げられました：摩擦、摩耗、潤滑剤、生体摩擦学、バイオメテックス、表面工学。また、グリーントライボロジーという新しい分野もカバーされました。グリーントライボロジーは、エコロジカルバランスや環境および生物への影響という観点からのトライボロジーの科学と技術を指します。

80 名以上の研究者が参加し、会議では口頭発表やパネルディスカッション、ワークショップが行われ、最新の研究成果や技術革新について活発な議論が交わされました。

私の発表は、「窒素を添加した ta-C コーティングの硝酸溶液中における腐食および摩擦挙動の解明」という題目で行いました。本研究では、窒素を添加した ta-C (tetrahedral amorphous carbon) コーティングを作製し、硝酸 (HNO<sub>3</sub>) 溶液中での耐食性及び摩擦摩耗特性を明らかにしました。ta-C コーティングは、高い sp<sup>3</sup> ハイブリッド構造を特徴としており、その化学的な不活性さから酸性環境での軸受鋼腐食防止のための保護膜として期待しています。

本研究では、窒素を添加した ta-C コーティングに取り組むことで破壊靱性が向上し、最終的に硝酸溶液中での耐食性と摩擦特性が向上することが示唆されました。硝酸溶液の濃度が pH1 まで上昇すると、ta-C コーティングの表面には亀裂やピittingが大幅に増加しました。これにより、硝酸溶液中での ta-C コーティングの変化プロセスを明らかにしました。具体的に、ラマン分光法により、窒素の取り込みが sp<sup>2</sup> 構造の増加をもたらし、電子伝導性を高め、その結果、酸性溶液中での ta-C コーティングの耐食性が低下することが明らかになりました。SEM 観察により、小さなピitting、亀裂の進展、剥離を含む腐食過程が明らかになりました。(図 1)

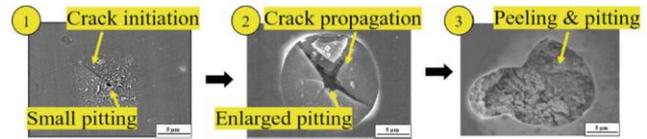


図 1 pH1 硝酸溶液中における ta-C コーティングの小さなピitting、亀裂の進展、剥離を含む腐食過程

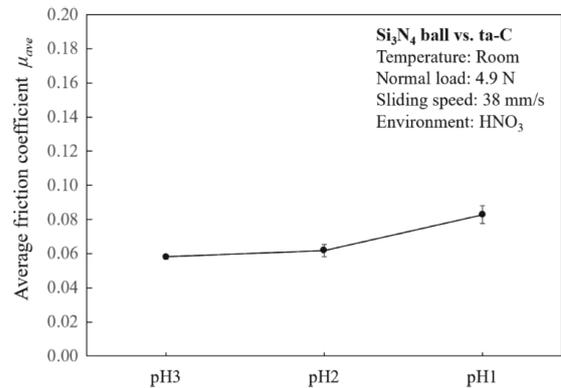


図 2 各濃度の硝酸溶液中における ta-C コーティングの平均摩擦係数

一方で、ピンオンディスク摩擦試験機を用いて各濃度における摩擦特性を明らかにしました。pH1 の HNO<sub>3</sub> 溶液で腐食した粗い表面は、相手側 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ボールを用いた場合に 0.083 の高い摩擦係数を示し、pH1 条件下での ta-C コーティングの効果が低下することが示されました。(図 2)

他の研究者のディスカッションを通じて、窒素ドーピング技術やその応用分野に関する知見が深まりました。今回の発表内容をもとに、論文としてまとめる作業を進めます。発表後にいただいた質問やコメントを通じて、研究の課題点や改善点を明確にすることができました。具体的に、窒素を含有する ta-C コーティングの導電率や断面構造の観察と評価は追加実験として深掘りの目標を確立できました。これにより、今後の研究の方向性がより具体的になりました。特に、今年度 10 月までに Tribology International 雑誌を目指して、精力的に執筆を行います。

## 謝 辞

この度、5th International Tribology Symposium of IFToMM (ITS-IFTToMM 2024) 国際会議に参加する機会を与えてくださったことに深く感謝いたします。本研究および発表において多大なご支援をいただきました公益財団法人天田財団の皆様にご心よりお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) Taylor, K.: Nitric oxide catalysis in automotive exhaust systems. Catal. Rev. **35**, 457–481 (1993).  
<https://doi.org/10.1080/01614949308013915>
- 2) Kolman, D.G., Ford, D.K., Butt, D.P., Nelson, T.O.: Corrosion of 304 stainless steel exposed to nitric acid-chloride environments **39**, 2067
- 3) Fang, R., et al.: Effect of nitric oxide and exhaust gases on gasoline surrogate autoignition: iso-octane experiments and modeling. Combust Flame **236** (2022). <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2021.111807>
- 4) Wu, J., Wu, G., Kou, X., Lu, Z., Zhang, G., Wu, Z.: Probing tribological behaviors of Cr-DLC in corrosion solution by tailoring sliding interface. Tribol. Lett. **68** (2020)
- 5) Yamauchi, N., et al.: Friction and wear of DLC films on 304 austenitic stainless steel in corrosive solutions. Surf. Coat. Technol. **174**, 465–469 (2003). [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(03\)00406-7](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(03)00406-7)
- 6) Xie, M., Song, Y., Zhang, G., Lu, Q., Cui, X.: Corrosion and tribocorrosion behaviors of amorphous carbon films in nitric acid solutions. Corrosion **74**, 747–756 (2018). <https://doi.org/10.5006/2319>



図3 発表の様子の写真