

## インタビュー

## 設計工学研究室（兵庫県立大学工学部）



助教・田中一平 先生

## プロフィール

所在地：兵庫県姫路市書写 2167

電話：079-267-4837

Web：https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/faculty/tanaka/index.html

E-mail：tanaka@eng.u-hyogo.ac.jp

## Q1. 研究室の概要についてお聞かせ下さい。

本研究室は兵庫県立大学大学院工学研究科機械工学専攻に属しており、原田泰典教授と著者の2名の教員がグループを組んで設計工学研究室として運営しています。田中研究室の中では超低摩擦・高耐摩耗な摩擦表面の創製に関する研究に取り組んでいます。このような表面を実現するために、ドライプロセス技術を用いた超硬質材料や低摩擦材料の薄膜創製とトライボロジー特性評価、成膜プロセス開発に関して研究しています。

## Q2. 研究テーマについてお聞かせ下さい。

現在取り組んでいる研究テーマとしては大きく三つに分けられます。一つ目のテーマとしては、マイクロ波励起基材近傍プラズマを用いた硬質薄膜の成膜に関する研究です。二つ目のテーマとしては、窒化炭素合成に関する研究です。三つ目のテーマとしては、新規成膜法の開発に関する研究です。

## Q3. 一つ目の研究テーマについてお聞かせください。

マイクロ波励起高密度基材近傍プラズマ (MVP) 法は DC 放電により生成されるプラズマ-イオンシース境界に沿って表面波モードのマイクロ波を伝播させることでプラズマが生成維持され、金属基板近傍で  $10^{11}$ — $10^{12}$   $\text{cm}^{-3}$  を超える高い電子密度のプラズマを生成可能な手法です。これによ

り、細穴内面や外面への3次元基材上に沿った高密度プラズマ形成が可能であり、ダイヤモンドライクカーボン (DLC) の成膜において  $150\sim 500$   $\mu\text{m}/\text{h}$  と超高速 DLC 成膜も実現されています。

本研究室では、MVP 法を用いた工具や金型等の基材形状に沿った超高速な硬質薄膜の成膜を目指しています。現在、図1のように MVP を棒状基材に形成可能であり、硬質薄膜としてダイヤモンドや炭化チタン、炭窒化ケイ素といった材料の成膜に MVP 法を適用する試みを行っています。

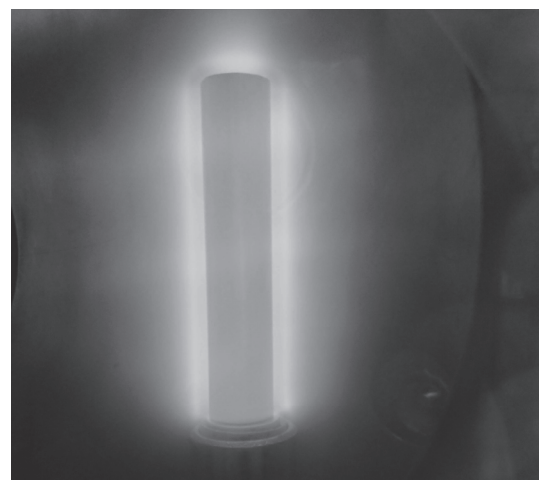


図1 MVP での成膜時の様子

#### Q4. 二つ目の研究テーマについてお聞かせ下さい。

窒化炭素（ $C_3N_4$ ）は天然には存在しない物質であり、 $\beta-C_3N_4$  がダイヤモンドを超える体積弾性率を持つ可能性を秘めていると計算予測された物質です。近年ではグラファイト型窒化炭素（ $g-C_3N_4$ ）が光触媒の特性を示すことから多くの研究が行われています。一方では高温高压合成された窒化炭素の結晶がダイヤモンドに匹敵する体積弾性率を示す実験も報告され、超硬質材料としての可能性も高まっています。加えて、非晶質窒化炭素の硬度は比較的高硬度であり、0.01 以下の超低摩擦を示すため、超低摩擦トライボコーティングとしての応用も検討されています。

しかし、これまでに得られている窒化炭素のほとんどは非晶質構造であり、ダイヤモンドを超える窒化炭素は得られていません。通常、PVD 法による窒化炭素の作製にはグラファイトを蒸着源として用いており、薄膜中の窒素と炭素の含有量の比が化学量論的組成よりも少ないです。

本研究室では非晶質窒化炭素の高窒素化による特性向上や結晶化の実現に向けて、蒸着源にグラファイト型窒化炭素（ $g-C_3N_4$ ）を用いた電子ビーム蒸着やイオンビーム支援蒸着を行うことで高窒素含有な窒化炭素の成膜に関する研究を行っています。また、窒化炭素の摩擦特性は空気中の湿度依存性や窒素雰囲気中といった環境依存性を示すため、試験環境を制御したトライボ試験も行っています。図 2 に示すように本手法で得られた窒化炭素膜は窒素雰囲気中で 0.1 以下の低摩擦を発現することが確認されています。

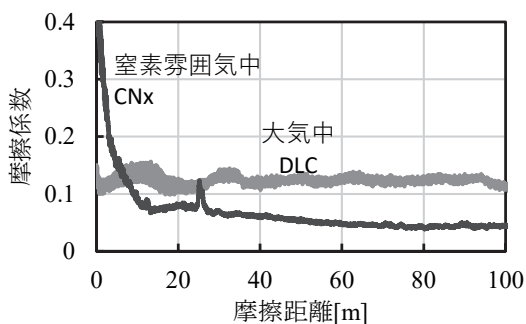


図 2 DLC および窒化炭素の摩擦係数

#### Q5. 三つ目の研究テーマについてお聞かせ下さい。

DLC やダイヤモンドといった硬質炭素膜は通常真空中でのプラズマプロセスを使用して成膜されています。一般的に装置コストが高く、製造プロセスとしては装置の大型化によるバッチ式の大量処理が一般的です。しかし、装置の大型化にも限界があり、多品種少量生産も困難です。一方、

近年の電源開発の進歩に伴いプラズマ生成技術も発達し、大気中や液中でのプラズマ生成が可能になっています。

本研究室では、大気中プラズマや液中プラズマを用いた超高速な炭素膜の成膜を目指しています。現在、安定したプラズマ生成を行うために試行錯誤を繰り返しており、大気圧プラズマ（図 3）や液中プラズマのプラズマ生成が可能になった段階であり、炭素膜を得るまでには至っていません。今後は炭素膜の超高速成膜に向けて炭素膜の生成について検討中です。



図 3 大気圧プラズマジェットの写真

#### Q6. 研究室の環境や設備についてお聞かせ下さい。

本研究室にはプラズマ CVD 装置やスパッタリング装置、ダイヤモンド合成用のマイクロ波プラズマ CVD 装置や熱フィラメント CVD 装置、プラズマ窒化装置と複数の成膜・表面改質装置があります。また、原田教授とグループを組んで運営しているため、研究室にはショットピーニング装置や深絞り用のプレス機等もあり、表面改質と塑性加工に関する設備を利用することが可能です。そのため、幅広い表面改質の理解や実際に硬質皮膜が利用される金型に関する知識を得ることができます。加えて、10 月以降には現在建設中の新棟に移転するため、非常にきれいな新しい環境で研究に取り組むことができます。

当研究室の教育方針は、自分で使うものは自分で作ることです。自分の実験装置を 0 から作ることもあり、設計から組み立てまで自らの手で装置や治具を作り上げ、実験することで、ものづくりの苦勞と楽しさを体験してほしいと考えています。

お忙しい中インタビューに応じて頂きました。期して感謝の意を表します。

（日本材料科学会 編集委員長 渡邊充広）