

## インタビュー

## 坂本幸弘研究室（千葉工業大学工学部先端材料工学科）



千葉工業大学 坂本幸弘 教授

## プロフィール

所在地 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

電話 047-478-0516

e-mail yukihiro.sakamoto@it-chiba.ac.jp

## Q1. 研究室の概要についてお聞かせ下さい。

研究室は津田沼キャンパスにあり、故 松永正久教授、故 高谷松文教授そして当方と三代続く歴史のある研究室です。専門は、松永正久教授は研磨や表面分析、高谷松文教授はめっきや陽極酸化などのウェットプロセス、当方はドライプロセスと継続して表面に携わる研究を行っています。“真空”“薄膜”“表面”をキーワードに、ドライプロセスだけでなくウェットプロセスについても研究しています。

中でも、炭素系材料の創製について長年検討しており、ダイヤモンドだけでなく窒化炭素や窒化ホウ素なども手がけています。また、窒化や浸炭といった表面改質についても研究しており、スパッタリングやイオンプレーティングと組み合わせた複合硬化処理により、更なる特性改善についても検討しています。ウェットプロセスのひとつである陽極酸化も研究しており、真空装置に应用されるアルマイト電極や真空用表面処理だけでなく、電解硫酸を用いての陽極酸化やプラめっきへの応用についても検討しています。

以下に具体的なテーマと概要について紹介します。

## Q2. 研究テーマについてお聞かせ下さい。

プラズマという言葉は何度か聞いたことはあるかと思いますが、辞書によれば“自由に運動する正負の荷電粒子が混在して全体として電気的中性となっている物質の状態。気体放電によって気体分子が高度に電離した状態や、星の内部・星間空間にある物質の状態の他、半導体内の電子と

正孔の集団もプラズマと考えられる。”（辞林 21）といわれており、この状態を利用して材料を合成したり、薄膜形成したり、エッチングしたりという加工が行われており、現在の電気電子部品の作製には欠かせない技術の一つとなっております。

新しい機能を持った表面を、プラズマやめっき、陽極酸化といった乾式、湿式などの表面改質技術を用いて作り出します。これらの技術を基に、各種デバイスや機能性コーティングなど、広い分野での工業的応用を探索しています。

## Q3. 一つ目の研究テーマについてお聞かせ下さい。

非平衡物質の創成を目的に、プラズマや高温といった非平衡状態を用いて、マイクロ波プラズマ CVD や熱フィラメント CVD 等の装置により、気相からダイヤモンドや窒化炭素の合成を行っています。ダイヤモンドについてはモード変換型マイクロ波プラズマ CVD による高品質ダイヤモンド、導電性ボロンドープダイヤモンドの合成、パルスマイクロ波プラズマ CVD による低基板温度での平滑ダイヤモンドの合成、熱フィラメント CVD による導電性ボロンドープダイヤモンド合成時の成長メカニズムの解明とフィードバック制御について検討しています。

モード変換型マイクロ波プラズマ CVD の外観と仕様を図 1 に示します。マイクロ波発振部と立体回路および合成チャンパー、ガス導入系、真空排気系で構成されています。特に発光分光システムとパイロメーターを具備しており、

規格品装置

## マイクロ波プラズマCVD装置



### 構成

- マイクロ波電源、オートマッチング装置、立体回路、モード変換器
- 反応室、基板保持台
- 真空排気装置（排気ポンプ、真空計、排気速度調節機構）
- 反応ガス導入系（マスフローコントローラ）、ダイヤフラムバルブ
- オプション、他（放射温度計、プラズマモニター、ターボ分子ポンプ）

### 仕様

- マイクロ波出力：2.45GHz
- 反応室：SUSチャンバー（ジャケット水冷）、Φ140 x 200H
- 基板サイズ：max 2 inch、水冷基板ホルダー
- 原料ガス（MFC 2系列）：水素、メタン
- 真空排気ポンプ：油回転ポンプ  
（オプション：TMP、圧力自動制御機構）
- ☆ 参考：ダイヤモンド合成速度 約5 μm/Hr

### ユーティリティ

- 設置スペース：770W x 620D x 1400H（マイクロ波電源除く本体部）
- 電気、冷却水、バルブ駆動圧空（ポンプ供給可）、排気ダクト
- 原料ガス供給設備（ガスボンベなど）

図1 モード変換型マイクロ波プラズマCVDの外観と仕様  
（大亜真空株式会社製）

フィードバック制御が可能です。高品質ダイヤモンドについては、結晶性に優れた単結晶および多結晶ダイヤモンドの合成が可能で、光学特性や熱伝導の点で優れており、一部宝石グレードのダイヤモンドも得られています。また、ボロンドープダイヤモンドの合成では、低抵抗ダイヤモンド合成が可能であり、発光分光分析を駆使し、得られたダイヤモンドの電気抵抗と合成時の発光スペクトルとの関係を明らかにし、合成時における電気抵抗のフィードバック制御の可能性について検討しています。

熱フィラメントCVDでは、電気化学用電極への応用を促進するために、導電性ダイヤモンドの低抵抗化のメカニズムの解明と合成時の気相状態が電気抵抗に及ぼす影響について検討しています。

その他、窒化ホウ素やDLC、CN<sub>x</sub>等の硬質皮膜の作製についても検討しています。

#### Q4. 二つ目の研究テーマについてお聞かせ下さい。

アルミニウム箔を用いて、両面から陽極酸化により孔を貫通させることで陽極酸化メンブレンの作製が可能です。得られたメンブレンの孔径は、硫酸では5nm程度、シュウ酸では50nm程度、リン酸では200nm程度です。異なる電解液を用いることで、広い範囲のサイズでの細孔が得られます。

#### Q5. 三つ目の研究テーマについてお聞かせ下さい。

表面改質と複合硬化処理について検討しています。

窒化については、高速度工具鋼やダイス鋼の窒化だけでなく、超硬合金の窒化についても検討しており、硬さや濡れ性といった表面特性だけでなく、ダイヤモンド合成時の基板前処理の一つとしても用いています。

軟窒化については、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）成膜時の前処理として検討しており、密着性の改善および剥離時の保険として低摩擦係数と高硬度を有する改質層を鋼やアルミニウムの表面に形成し、その後、PVDやCVDでDLCを成膜しています。

酸化については、H<sub>2</sub>Oを気化して導入しており、耐食性および機械的特性改善のための鋼の黒染めやチタニウムの酸化だけでなく、撥水性を有するCVDダイヤモンド表面の親水化と改質領域への選択化学めっきや、ダイヤモンドの加工変質層の除去と再生について検討しています。

#### Q6. 研究室の特徴についてお聞かせ下さい。

当研究室の装置は、既製品ではなく当研究室のアイデアの詰まったオリジナルの装置です。一般的に真空装置は高いという概念があり、なかなか導入が難しいと言われることがよくあります。しかし真空技術を用いないと出来ないことや、単機能を狙って工夫することによりうまく作製することも可能です。また、ウエットプロセスもウエットプロセスでしか出来ないことや、新奇な電解硫酸等、今まで使えなかった技術の応用が可能となりつつあります。

これを機に、是非、ドライプロセスおよびウエットプロセスの垣根のない、“表面”の創製が可能となれば幸いです。

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）