

# イオンビームを用いた材料表面改質研究の取り組み

安井治\*

## 研究の背景

近年、日本全国で地域の特色を出した研究が立ち上がっている。我が石川県においては、地方公設試験研究期間の中でもいち早く最先端の「イオン注入技術」に着目し、今日まで研究を続けてきた。今年に入ってから、これまでの研究の歴史を振り返る機会があり、図1に示すようなポスターを作製した。これは、「石川県工業試験場におけるコーティング技術研究の歩み」と題し、地場で開催された展示会に出展したものである。当時は、1983年に県内企業の要望から化学蒸着(CVD)法により、地場産業である「繊維産業」の繊維部品へTiN・TiCN膜をコーティングしたのが始まりである。その後、次世代の研究として物理蒸着(PVD)法によるダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜の研究を始めた。本稿では、石川県でのDLC膜研究を中心に紹介する。

## 石川県工業試験場におけるコーティング技術研究の歩み

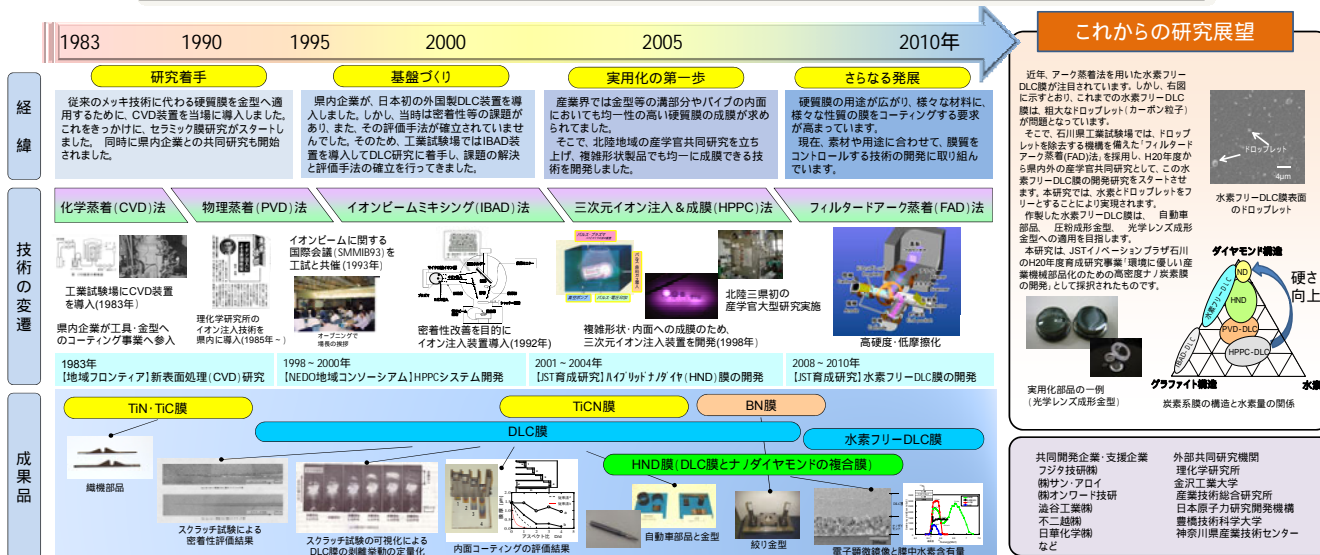


図1 石川県における表面処理の歴史

## 研究内容

当場がDLC膜に着目したのは1980年代後半であり、当時、DLC膜はまだ注目されていない時代であった。というのも、密着性が悪く剥離が問題となっていたためである。そこで、まず、イオンビームミキシング法により密着性を改善したDLC膜の研究開発を行い、その後も、DLC膜中の水素含有量の研究など、DLC膜の成膜に関して様々な研究を行ってきた。以下に代表的な研究を紹介する。

### (1)三次元形状物への均一成膜技術の開発

DLC膜は、PVD法やプラズマCVD法など様々な手法で作製されている。これらの方法で問題となるのが、金型等の複雑な形状物への均一成膜である。その解決策として、1986年にウィスコンシン大学(米国)で開発されたPSII(Plasma Source Ion Implantation)技術に着目したのである。PSIIは、プラズマ中に置かれた物体に、負の高電圧パルス印加の際に、物体表面に沿って電子の存在しない部分(イオンシース)が形成され、このイオンシースを介して基板表面に全方位的にイオンを注入する技術である。このPSIIの原理を包含した新たなコーティングシステムを開発したのが、ハイブリッド型パルス・プラズマ・コーティング(HPPC)システムである(図2参照)。本研究は、平成10~12年度のNEDO地域コンソーシアム研究開発事業に採択され、北陸初の大型研究とし

\*機械金属部

て北陸三県(石川県, 富山県, 福井県)の産学官が集結して開発したものである。HPPC技術により, パイプ等の内面DLCコーティングが可能となった。

(2)DLC膜の高硬度化を目指して(ハイブリッドナノダイヤモンド(HND)膜の開発)

次に目指したのが DLC 膜の高硬度化である。通常の DLC 膜は, 2000~3000HV 程度の硬さであり, これはダイヤモンド(10000HV)の硬さの半分以下である。DLC 膜とダイヤモンド膜では, 硬さに大きな差があるため, アプリケーションが異なっていた。しかし, ダイヤモンド膜はコストがかかるため, 比較的安価で出来る DLC 膜で代用できないかを検討したのである。その結果, DLC 膜の中に硬い微粒のダイヤモンド(ナノダイヤモンド)を埋め込むことにより, DLC 膜の高硬度化を図ったのである(図3参照)。この研究は, 平成 13~16 年の JST イノベーションプラザ石川の育成研究事業に採択され, DLC 膜とナノダイヤモンドを積層した, ハイブリッドナノダイヤモンド(HND)膜の開発として行ったものである。開発した HND 膜は, 従来 DLC 膜の摺動特性を失わずに, 硬度 4000~5000HV と従来 DLC 膜の硬さの約 2 倍を実現した。

### 研究成果

DLC 膜は今後も進化しながら実用化されると考えられる。当场では, DLC 膜中に含まれている水素に着目し, その定量測定技術の開発を行い, さらに DLC 膜中の水素含有量をほぼ 0 とした水素フリーDLC膜に着目し図4に示すコンセプトのもと新しいプロジェクトを立ち上げた。本研究は, 平成 20 年度に採択された, JST イノベーションプラザ石川の育成研究事業であり, 「環境に優しい産業機械部品化のための高密度ナノ炭素膜の開発」として, 産学官の共同研究として推進している。

### 論文投稿

放射線と産業 No.120, 2008 p.9-14.

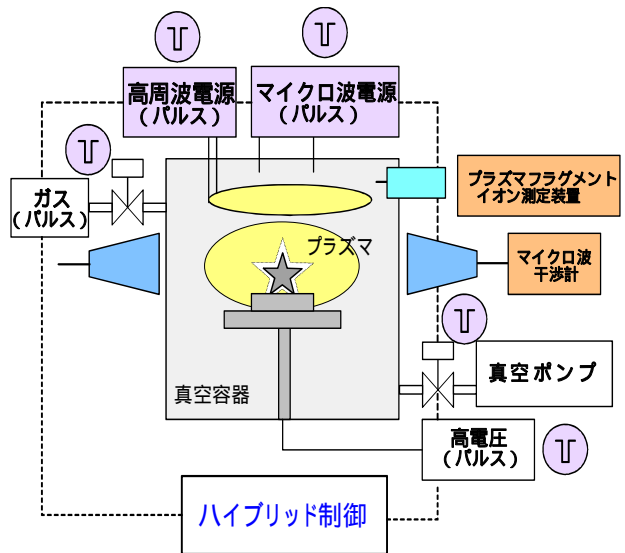


図2 HPPCシステムの概略

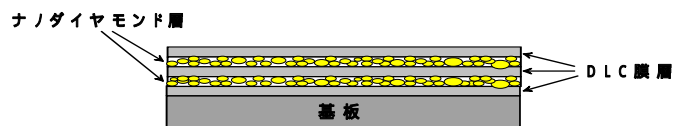


図3 HND膜のイメージ図

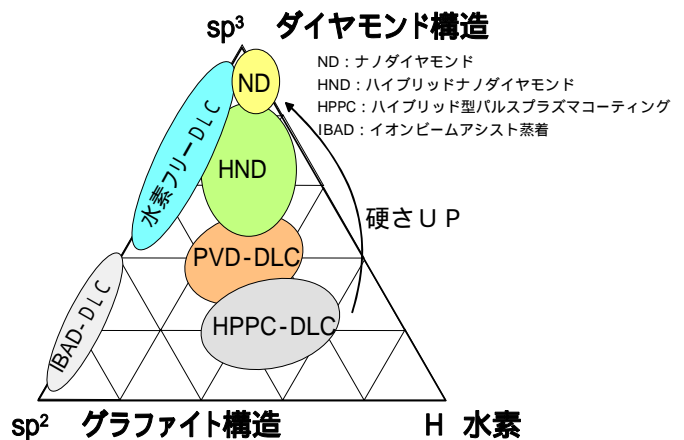


図4 DLC膜の硬さ向上のコンセプト