

研究紹介

# 摺動部品の低摩擦化を実現する 塩素含有DLC膜の共同研究

城東支所／株式会社フジメタル

DLC(Diamond-like Carbon)膜とは、主に水素と炭素で構成される非晶質(均一な結晶構造を持たない)構造のハードコーティングで、摺動部品の表面に成膜することで低摩擦化を図る技術です。都産技研と株式会社フジメタルは、このDLC膜に新たな付加価値を与える取り組みとして、塩素含有DLC膜の成膜技術の確立を目指して共同研究を行っています。

## 学会での出会いから共同研究へ

都産技研は、以前から多種多様なDLC膜の開発や成膜工程の研究を行っていました。この研究成果の学会での発表を(株)フジメタルが聴講したことをきっかけに、今回の共同研究がスタートしました。

(株)フジメタルでは、成膜事業への新規参入を目指し、高品質・高付加価値なDLC膜の開発を検討していました。

「先行メーカーのDLC膜との差別化を図るため、塩素を添加することでこれまでにないDLC膜を開発できないかと思いました。しかし、特殊材料ガスに分類される塩素を扱うには、都産技研の持つ経験や知見が必要でした。当社が導入した成膜装置を都産技研が保有していた点も助かりました」((株)フジメタル 潮崎氏)

## 前例のない塩素含有DLC膜の開発

従来のDLC膜は、炭素と水素で構成されたトルエンガスなどを用いて成膜されていましたが、今回の共同研究で開発した塩素含有DLC膜は、炭素と塩素で構成されたテトラクロロエチレンガスにより成膜されます。

当初から塩素含有DLC膜には、低摩擦化効果があると期待していました

が、開発の前例がなく、塩素が膜質にもたらす影響や摺動特性の改善効果については未知数でした。そのため、(株)フジメタルが塩素の含有量を変えたサンプルをつくり、都産技研が評価試験を行うというプロセスを繰り返しました。

「塩素含有DLC膜は、従来のDLC膜に比べて、摩擦係数を約50%低減することができます。この低摩擦化は、摩擦熱により、摺動界面に塩素系反応膜が形成されることによって起きることもわかりました」(徳田副主任研究員)

## 共同研究が効率的な開発を推進

サンプルを作製して評価試験が完了するまでには、2~3カ月もの期間を要します。(株)フジメタルの持つ高い技術力や成膜設備と、都産技研の持つ知見や評価技術を活かすことで、効率的に研究開発を進めています。

新たに成膜事業に参入するにあたり、(株)フジメタルでは外的物質を遮断した環境下で作業できるよう、クリーンルーム(クラス10000)を整備しました。クリーンルーム内で成膜を行うメーカーは、現在ほとんどありませんが、空気中の塵や埃、成膜室の湿気や温度の変化によってDLC膜の特性は大きく変化してしまいます。

「クリーンルームは、成膜環境の影響

を受けにくいと、品質が均一なサンプルを作製することができます。そのため、サンプルの評価を効率的に行うことができます」(徳田)

「今回の共同研究で都産技研の確かな技術力を実感しました。都産技研は、試験設備が整っているのはもちろんのこと、これまでに蓄積したDLC膜の特性評価・構造解析手法のノウハウを活かして、成膜工程についても貴重なアドバイスをいただくことができました。当社と都産技研の強みを活かすことで、飛躍的に開発が進んでいると感じています」(潮崎氏)

## 開発メンバー



株式会社フジメタル  
新規事業開発室 室長  
潮崎 隆彦氏



城東支所  
副主任研究員  
徳田 祐樹

## 新たな成膜技術で新規参入を目指す

共同研究は2年目に入り、現在は実用化に向けた研究開発を進めています。塩素含有DLC膜は、従来よりも摺動部品の摩擦抵抗を低減させるため、省エネルギーにつながるほか、膜自体の硬度が高いため、摩耗が激しい材料の摩耗防止などに活用できるのではないかと期待されています。

実用化にあたっての課題の一つが、最適な成膜条件の確立です。DLC膜は、電圧値などの成膜条件次第で構造や特性が変化するため、低摩擦化に適した成膜条件を見出す必要があります。

「塩素含有DLC膜の持つ可能性を

多くの方に知っていただくことも重要です。研究成果を国内外の学会で発表しており、今までにない新しいDLC膜として、注目されています。今後も積極的に情報発信し、実用化につなげていきたいと考えています」(徳田)

「成果を発表してもらうことで、PRができるだけでなく、技術の信頼性が高まっていると感じています。塩素含有DLC膜の実用化に向けて、今後も共同研究を進めていきます」(潮崎氏)

特願 2016-044667  
(平成28年3月8日出願済)



塩素含有DLC膜を施す前後の製品サンプル  
左/成膜前 右/成膜後



成膜装置を設置したクリーンルーム((株)フジメタル)前処理の洗浄工程も純度100%に近い超純水で行う設備が整っており、成膜環境の影響をあまり受けてサンプルを作製することができる

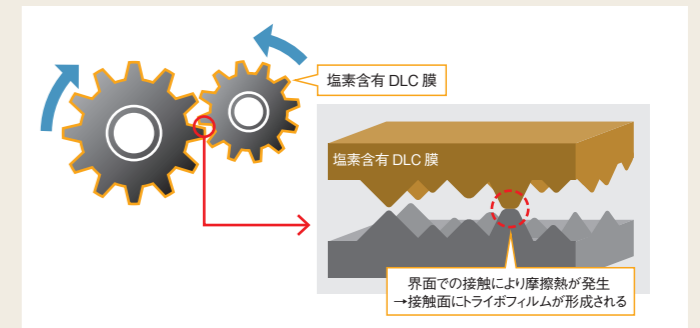
## KEY POINT

### トライボフィルムが低摩擦化を誘起

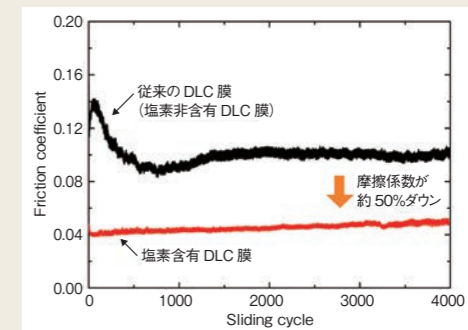
DLC膜は、プラズマ化した原料ガスを成膜母材に引き込み、イオン注入と蒸着を発生させることで、母材の表面に成膜されます。この原料ガスを変更することで、さまざまな特性を持つ膜ができます。今回開発した「塩素含有DLC膜」は、炭素と塩素で構成されたテトラクロロエチレンガスを用いて成膜します。これは、塩素を含む潤滑油が低摩擦化効果を発揮することからヒントを得ています。

当初の予想通り、従来のDLC膜と比較して塩素含有DLC膜は、摩擦係数を約50%削減させることができました。摩擦特性評価などを行った結果、摩擦熱により摺動界面に塩素系反応膜(トライボフィルム)が形成されることによって、この低摩擦化が誘起されることがわかりました。

塩素含有DLC膜は、潤滑油が使用できないドライ環境においても低摩擦化効果を発揮するため、幅広い分野での実用化が期待されています。



トライボフィルム形成過程のイメージ



塩素含有DLC膜の摩擦特性評価

往復動型摩擦試験を行い塩素含有の有無による摺動特性を比較検証

お問い合わせ 城東支所 TEL 03-5680-4632