

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: プラズマイオン注入法による三次元大面積ダイヤモンドライクカーボン製膜プロセス及び装置化技術の開発
プロジェクトリーダー	: 三井造船(株)
所属機関	: 三井造船(株)
研究責任者	: 佐々木浩一(北海道大学)

### 1. 研究開発の目的

近年、自動車や船舶などの輸送機器業界では温室効果ガスの排出規制のために厳しい燃費改善要求がなされており、硬質皮膜コーティング技術への要求として従来の機械部品の長寿命化だけではなくフリクション・ロスの低減に関しても注目されており、機能性皮膜の多目的化が進み、その適用領域は急速に拡大している。プラズマイオン注入法は生産性の高い表面改質及びコーティング手法であるが、基材周辺に形成されるシーズに起因するイオンフラックスの不均一性のため、三次元形状を有する複雑形状基材への適用性に課題があった。本研究開発では、複雑形状基材に対して均一に皮膜形成する手法及び装置の開発を行うと共に、エンジン部品などの大型で複雑形状基材を効率的に処理できるシーズ技術の確立を目指す。

### 2. 研究開発の概要

#### ①成果

プラズマイオン注入製膜装置におけるイオンのフラックス分布の情報を簡便に得る手法を開発し、コスト競争力の高い装置設計やプロセス開発を行うための要素技術開発を行った。まず、波長変調レーザー飽和吸収分光法を水素プラズマ中の励起原子に適用して、高感度・高空間分解能シーズ電界計測法の開発を行った。結果として、電界検出感度 100 V/cm 以下の非常に高い感度が得られ、実際にプラズマのシーズ領域においても適用可能であることを確認した。次に、複雑形状基材の DLC 膜の均一性を改善する複数の電極を装備したプラズマイオン注入製膜装置の開発を行った。複数の電極を独立して制御することにより、均一な膜質の DLC の形成が可能となった。特に円筒形状基材の内面の様な従来困難であった部品に対しても均一な DLC 製膜が可能となった。

研究開発目標	達成度
①複数の電極によりイオンフラックスを制御可能なプラズマイオン注入装置の開発	①複数のプラズマ生成用電極を有するプラズマイオン注入製膜装置を設計・製作し、成膜試験により DLC 膜が形成されていることを確認した。複数の電極を独立して制御することにより複雑形状基材における DLC 膜質の均一性が向上することを確認した。
②実条件に適用可能な高感度シーズ電界計測法の開発	②水素プラズマ中の H 原子にレーザー飽和吸収分光法を適用し、波長変調法により吸収スペクトルの検出感度を高めて計測を行う手法を確立し、電界検出感度 100 V/cm 以下を達成した。実際にシー

<p>③シース電界計測データの効率的な装置設計への適用に向けた検討</p>	<p>ス電界に適用することで本手法の有用性を確認した。</p> <p>③得られた測定条件に関するデータに基づいて、シース電界分布計測及びイオンフラックス評価のための指針についての検討を行い、シース電界計測手法、及び効率的なプロセスを行うための装置に関する特許を共同出願した。(2014年10月出願予定)</p>
---------------------------------------	---

## ②今後の展開

本研究課題において、北海道大学のシース技術である波長変調レーザー飽和吸収分光法が実プラズマのシース電界計測に使えることが確認できた。今後は円筒内面への DLC 膜の密着性強化などのプロセス開発を進め、実際の生産を念頭に置いた大型化、及び量産化に関する開発に着手する。また、計測で得られたシース電界データを計算結果を突き合わせることで、精度の高いデータベースの構築を行っている。

## 3. 総合所見

概ね目標通りの成果が得られ、イノベーション創出が期待される。

長軸面円筒形状内面に DLC 加工できる電極が開発でき、電界計測に関しても波長変調レーザー飽和吸収分光法を開発しており、概ね目標は達成している。今後、計測技術と解析技術を活用して高精度のシース電界分布データベースを構築すると共に、これを装置設計に反映し、競争力のあるイオン注入装置を開発することを期待する。