

# 高フラックスイオン照射用ヘリコン波プラズマ源の開発 Development of helicon wave plasma source for high-flux ion irradiation

早川雅貴、Lee Heun Tae、伊庭野健造、上田良夫  
M.Hayakawa, H.T.Lee, K.Ibano, Y.Ueda

大阪大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Osaka University

## 1. Introduction

核融合炉におけるプラズマとダイバータ部材料の相互作用の模擬実験や、金属表面におけるナノ構造の生成において、高フラックスイオンの照射は必要不可欠である。高フラックス照射を行うための装置は規模が大きくなりやすく、装置の移動や他の装置への接続が困難な場合が多い。そこで本研究では、高密度かつコンパクトなプラズマが生成できるヘリコン波プラズマに着目し、分光スペクトル観測を用いてプラズマを評価しながら、プラズマ源の開発およびイオン照射装置としてのパラメータの最適化を行った。

## 2. Experiments

内部を超高真空にした  $\phi 52\text{mm} \times \phi 56\text{mm} \times \text{L}500\text{mm}$  の石英管のまわりに Nagoya-III型アンテナを設置し、磁場励起コイルによって装置内に磁場を励起した状態で、石英管内に Ar あるいは He を導入し（ガス流量はマスフローコントローラを用いて制御）アンテナに 13.56MHz の高周波を印加することでヘリコン波プラズマを生成した。実験時のガス圧は Ar が 2.5mTorr、He が 25mTorr 程度であった。シングルプローブによるラングミュアプローブ法を用い、プローブの Z 軸上位置、アンテナ投入パワー（最大 1kW）、磁場励起コイル電流（最大磁場強度約 300G）、磁場配位（カスプ磁場を含む 9 種類）をパラメータとして、イオンフラックスを測定した。

分光測定は装置中心軸から 38mm の位置に光ファイバを中心軸に垂直に設置し、分光器と接続して分光を行った。パラメータはイオンフラックスとの比較のためプローブ測定と同様の値を選んだ。

## 3. Results

Ar を用いた実験では、1 価の Ar イオンによる発光ピーク群のピーク値がアンテナ投入パワーの上昇に伴って大きくなったのに対し、中性粒子による発光ピーク群のピーク値は急激に飽和するという異なる傾向がみられた。イオンフラックスが最大となるパラメータ最適点はアンテナ投入パワー、磁場強度ともに最大の点であり、 $5 \times 10^{21} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  のイオンフラックスが得られた。スペクトルピークとイオンフラックスの比較では、アンテナ投入パワー 300W 以下の領域において中性粒子のピークの値とイオンフラックスに同様の傾向が見られたが、400W 以上の領域では傾向の一致は見られなかった。

He を用いた実験では、中性粒子による発光ピークのみが観測され、イオンによるピークはみられなかった。Ar の場合と同様に、アンテナ投入パワーと磁場強度が最大の点がパラメータ最適点であり、最大で  $2 \times 10^{22} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  のイオンフラックスが得られた。ピークの値とイオンフラックスを比較したところ、パワー依存性（磁場励起コイル電流依存性も）において同様の傾向がみられた（図 1）。

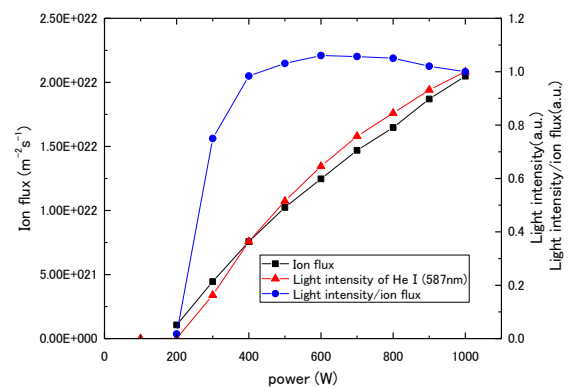


図 1 He のスペクトルピークの強度とイオンフラックスの投入パワー依存性