

## トーラス型プラズマ装置を用いた窒素原子ラジカル源の開発 Development of nitrogen atom radical source utilizing torus plasma device

浅岡晃次<sup>1)</sup>, 大野哲靖<sup>1)</sup>, 林祐貴<sup>2)</sup>, 梶田信<sup>3)</sup>, 田中宏彦<sup>1)</sup>, 増崎貴<sup>2)</sup>  
K. Asaoka<sup>1)</sup>, N. Ohno<sup>1)</sup>, Y. Hayashi<sup>2)</sup>, S. Kajita<sup>3)</sup>, H. Tanaka<sup>1)</sup>, S. Masuzaki<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>名大院工, <sup>2)</sup>核融合研, <sup>3)</sup>名大未来研

<sup>1)</sup>Grad. of Eng., Nagoya Univ., <sup>2)</sup>NIFS, <sup>3)</sup>IMaSS, Nagoya Univ.

金属材料を窒化加工することで、耐摩耗性、耐疲労性、耐腐食性、耐熱性が向上することが知られている。それによって工業製品の長寿命化に貢献することができる。そのため、様々な窒化法が研究対象となっている。中でも、2つの窒化法が現在主に用いられている。ガス窒化法[1]はアンモニア雰囲気において材料を800 Kまで加熱し、窒素原子が内部へと拡散させることにより、表面には化合物層が、内部には硬い拡散層が生まれる。しかし 50 時間以上この状態を保つ必要があることと、表面にできる化合物層は脆く、研磨加工が必要となるデメリットがある。また、イオン窒化法[2]は、窒素・水素混合ガスの RF 放電を材料に照射することで処理を行う。しかし、窒素原子イオンはプラズマと材料間に生成される電界によって加速して材料に衝突するため、生成された膜にダメージを与えてしまう欠点がある

以上の窒化方法の欠点を解消すべく、窒素ラジカルを材料に照射することで、素早く、かつイオンダメージの無い処理を行うことが出来るラジカル窒化法が提案されている[3]。本発表で目指すラジカル源は、トーラス型プラズマ生成装置NAGDIS-T[4]を用いた窒素ガス放電により高密度窒素イオンを生成し、そのプラズマをトーラス装置内の螺旋状長磁力線に沿って輸送し、電子温度を低下させることにより、解離性再結合を促進させ、高密度窒素原子ラジカルを生成するものである。

ラジカル源開発において、2次元駆動ラングミュアプローブを用いたプラズマのイオン飽和電流の測定による放電位置分布の確認、電子密度・電子温度測定により高電子密度、低電子温度が達成されていることの確認、また、分光計測によって窒素分子イオンが解離して窒素原子ラジカルになっていることの確認が必要である。図1にガス圧3.1 mTorrにおける放電電力1.3 kWの時のイオン飽和電流ポロイダル面

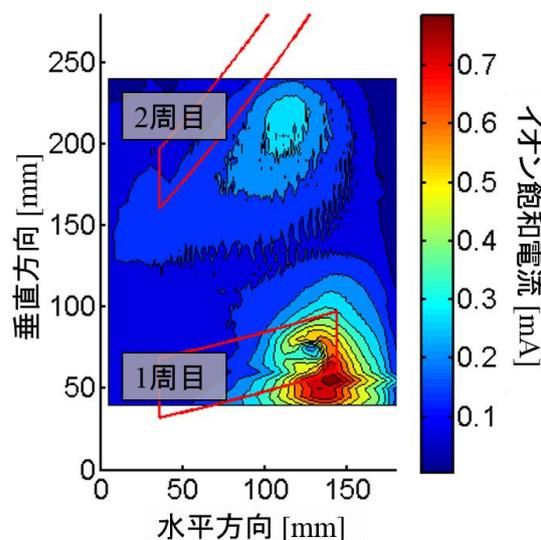


図1 イオン飽和電流のポロイダル面2次元分布

2次元分布を示す。赤線はカソードにつながる磁力線をプローブ測定位置のポロイダル断面に投影したものである。これにより窒素プラズマはおおむね磁力線に沿って、トーラス方向2周にわたり輸送されていることが分かる。

また、トーラス1周目と2周目のプラズマ中心における電子温度は放電電力1.3 kWにおいてそれぞれ3.0 eVと1.6 eV、6.6 kWにおいて5.4 eVと3.1 eVであり、沿磁力線方向の輸送による電子温度の冷却効果があることが分かる。また、分光計測により、放電中に窒素分子線に比べて強い原子線の発光が観測された。以上の実験結果により、本放電システムが有効な窒素原子ラジカル源になりうることが示唆されている。

### 参考文献

- [1] T. Takase, 鉄と鋼, **66**, 9, 1423-1434 (1980)
- [2] R. Ichiki, *et al.*, Mater. Lett., **71**, 134-136 (2012)
- [3] N. Ohno, K. Asaoka, *et al.*, Open System Conference, 2018, Tsukuba, 2018.8.27-31, O19
- [4] K. Yada, *et al.*, J. Nucl. Mater., **390-391**, 290-294 (2009)