

# 大気圧長尺マイクロ波プラズマの連続・離散構造変化

[著者名] 豊田浩孝<sup>1,2</sup>、鈴木陽香<sup>1</sup>

[所属略称] <sup>1</sup>名古屋大、<sup>2</sup>核融合研

<https://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/labs/toyodalab/>

プラズマを用いた表面プロセスにおいては様々な材料が対象となり、しばしば大面積の素材の表面処理が求められる。たとえばフィルム表面処理プロセスにおいては、幅1メートルに及ぶフィルムロールを真空容器内に配置し、これを真空容器内で数/minで搬送・巻き取りを行うことで表面クリーニングなどの処理を行う。しかしながら、このような処理では処理対象物が極めて大きくなり、それに伴って真空容器サイズも大きくなることから真空容器製造に多大なコストがかかる。さらに、真空容器を用いることにより処理材料の交換や装置メンテナンスも煩雑となり、結果的に大面積表面処理においては、真空装置を用いた処理は高コストとなる。このような状況から、大面積処理においてはコンパクトかつ高速処理をおこなうことのできる大気圧プラズマが求められており、1次元長尺・均一で高密度な大気圧プラズマ装置を実現すればフィルムプロセスへの応用においてコンパクトなプラズマ源で高速のフィルム処理プロセスが可能になると考えられ、上記の課題に対する解決手法となると考えられる。そこで我々は、マイクロ波を用いたメートル長尺の高密度大気圧プラズマ装置の開発を進めている。

本プラズマ装置は、長尺矩形導波管に長尺のスロット(長さ $\sim$ 1m、スロット幅0.15m)を配置する。そのうえで、ループ型導波管にマイクロ波サーキュレーターを組み合わせた構造によって導波管内での定在波の発生を抑止し、一方向のみに伝搬する進行波を形成する。これにより導波管内の電磁界エネルギー分布が均一となり、スロット内部に長尺にわたる一次元均一なプラズマを発生させることができる。

このようなプラズマ生成において、パルスマイクロ波電力を変化させるとプラズマの構造が変化することが確認された。具体的には低平均電力時においては、プラズマは空間連続構造とならず、数cmのプラズマが数/sにてスロット内をマイクロ波伝搬方向に沿って移動することが確認された。さらにプラズマの動きはパルスデューティー比やスロット電界強度により変化することも確認された。また、電力を増加させるとプラズマの移動速度が増大し、ある条件を超えるとプラズマが空間的に完全に連続化し長尺にわたって均一なプラズマが形成されることが確認された。

このようなプラズマの離散連続挙動を調べるため、電磁界シミュレーションにより離散的プラズマにおける電界分布を検討したところ、プラズマ内をスロット長尺方向に伝搬する電磁界成分が確認されるとともに、プラズマ端部における電界強度の増加が確認された。このようなプラズマ内部における電磁界の分布がプラズマ生成と移動の原因と考えられる。

- [1] H. Suzuki, S. Nakano, H. Itoh, M. Sekine, M. Hori, and H. Toyoda: Appl. Phys. Express **8**, 036001 (2015).
- [2] H. Suzuki, S. Nakano, H. Itoh, M. Sekine, M. Hori, and H. Toyoda: Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 01AH09 (2016).
- [3] H. Suzuki, and H. Toyoda: Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 116001 (2017).