大気圧プラズマ中の活性種生成過程に対するプラズマ発生条件の影響評価

Diagnosis of the Influences of Plasma Generation Conditions on the Production Process of Reactive Species in Atmospheric Pressure Plasmas

高知高専 [1]，豊橋技科大 [2]，　○長門 研吉 [1]，徳弘 大輝 [1]，瀬戸 貴仁 [2]，栗田 弘史 [2]，高島 和則 [2]

Natl. Inst. Tech. Kochi Col. [1], Toyohashi Univ. Tech. [2],

°Kenkichi Nagato[1], Daiki Tokuhiro[1], Takahito Seto [2], Hirofumi Kurita [2], Kazunori Takashima [2]

E-mail: nagato@me.kochi-ct.ac.jp

大気圧プラズマ応用技術の研究が急速に拡大している。応用範囲は表面処理などの材料プロセスや難分解性物質の分解などの環境分野に加えて、農作物の育成促進や鮮度維持などの農業分野、殺菌、創傷治癒、ガン治療などの医療分野にまで広がっている。現在研究が進められている応用技術の多くには、プラズマで生成する反応性の高い活性種（活性酸素種、活性窒素種）が重要な役割を果たしていると考えられている。しかしながら、大気圧プラズマから発生する気相活性種を包括的に検出する方法がこれまではなく、個々の応用技術においてどのような活性種が主要な効果を及ぼしているのかはわかっていない場合がほとんどである。

本研究では大気圧プラズマ中の活性種の診断方法として大気圧イオン化質量分析法を用いる。大気圧イオン化質量分析装置を使用する最大のメリットは大気圧プラズマで生成するイオンを網羅的に検出できることである。したがってイオン化された化学種はすべて測定可能である。例えば、O_2^-, NO_2^-, NO_3^- など反応活性を持つイオンは直接検出される。一方電荷を持たない中性の活性種のうち、プラズマで生成したイオンとの反応によってイオン化するものは検出可能である(OH, O_3 など)。またそれ自身はイオン化しないものの他のイオンに付加して検出される中性活性種(H_2O_2, HO_2, HNO_3 など)も確認されている。このように大気圧イオン化質量分析装置を用いることにより大気圧プラズマで生成する主要な活性種のほとんどを検出することが可能である。

大気圧プラズマで生成する活性種の種類と量は、プラズマの様々な発生条件に依存して変化することが明らかになりつつある。活性種の生成に影響を与える条件として、プラズマ発生器の電極構造、キャリアガスの種類、添加ガスの種類と割合、放電電圧の大きさとその周波数などが挙げられる。本研究では、キャリアガスとしてヘリウムとアルゴン、添加ガスとして酸素、窒素を用いて、ガスの種類や混合比、放電電圧の大きさや周波数などのプラズマ発生条件の違いによって、活性種の生成過程がどのような影響を受けるのかを測定した。

本研究で用いた実験システムを Fig.1 に示す。プラズマ発生器は小型 3 次元ステージに固定して、大気圧イオン化質量分析計のサンプリングオリフィスの前面に配置した。プラズマによって生成したイオンをサンプリングオリフィスを通して質量分析計に導入し、イオンの質量スペクトルの測定および活性種の分析を行った。

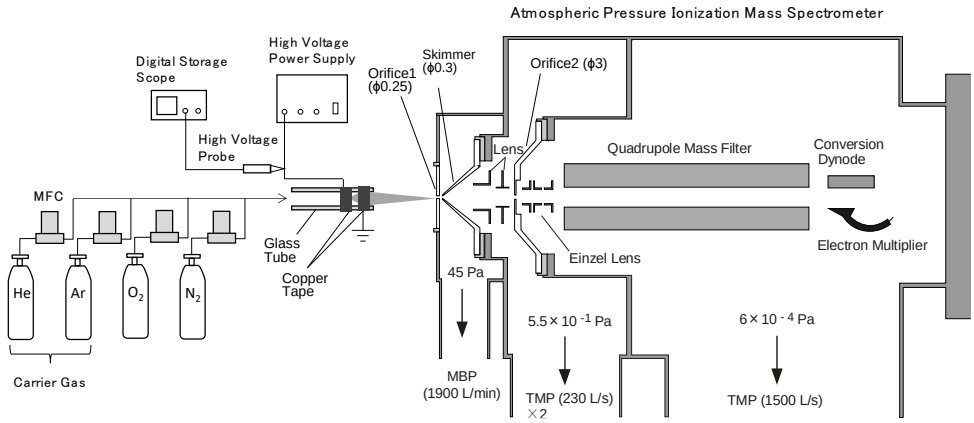

Fig.1 Experimental setup of plasma diagnosis using an atmospheric pressure ionization mass spectrometer.