

質量分析法による大気圧ヘリウムプラズマ中の H₂O₂ の検出

Detection of H₂O₂ in atmospheric pressure helium plasma using mass spectrometry

高知高専 〇長門 研吉

National Institute of Technology, Kochi College, 〇Kenkichi Nagato

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

大気圧プラズマの医療への応用においては、プラズマで発生する様々な反応活性種が重要な役割を果たしている。その中でも H₂O₂ は代表的な長寿命活性種である。しかしながらプラズマ中での H₂O₂ の検出は技術的に難しく、大気圧プラズマで生成した気相中の H₂O₂ の直接的な検出例は少ない。本研究では大気圧イオン化質量分析計を用いて、大気圧ヘリウムプラズマで生成するイオンの組成分析を行った。その結果、プラズマジェットの下流域で H₂O₂ および HO₂ を含む負イオンを検出したので報告する。

本研究で使用した大気圧プラズマ発生器を Fig.1 に示す。石英ガラス管(内径 1.6mm、外径 3.0mm、長さ 100mm)の内部にステンレス棒を通して電極とした。ガラス管の先端には幅 10mm の銅テープを巻いてもうひとつの電極として用いた。ガラス管内に 5.0L/min のヘリウムを流しながら、2 つの電極間に 3.2kVp-p、42kHz の放電電圧を与えてプラズマジェットを発生させた。

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はサンプリングオリフィスを通過した後、スキマーを通して四重極型マスフィルターに導かれ計測される。

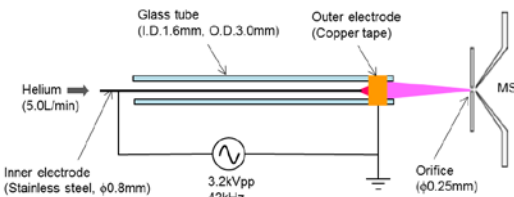


Fig.1 Schematics of plasma generation and ion measurements using a mass spectrometer.

Fig.2 はガラス管の先端と質量分析計のサンプリングオリフィスの間の距離を 20mm として測定した負イオン質量スペクトルである。ガラス管からプラズマジェットの先端までの長さは約 10mm で、プラズマジェットはオリフィス電極までは到達していなかった。

スペクトル中で最も大きなイオンピークは

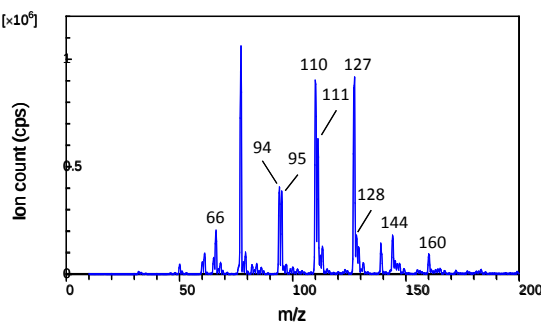


Fig.2 Mass spectrum of negative ions generated by atmospheric pressure helium plasma.

質量数 77 の HCO₄⁻である。これ以外にも多くのイオンピークが現れており、質量数 66、94、95、110、111、127、128、144、160 はその質量数から Table 1 に示すように H₂O₂ および HO₂ を含むクラスターイオンであると推定される。ガラス管とオリフィスの距離を近づけてプラズマジェットがオリフィスに当たっている状態では、これらのイオンはほとんど観測されない。したがって、H₂O₂ および HO₂ はプラズマジェット内部ではなく、プラズマジェットの先端以降の領域において生成していると考えられる。H₂O₂ および HO₂ を含むクラスターイオンの生成反応についてはこれまであまり知られていないので、今後詳しく調べていく必要がある。

Table 1. Negative cluster ions including H₂O₂ and HO₂

m/z	Assignment
66	O ₂ ⁻ ·H ₂ O ₂
94	CO ₃ ⁻ ·H ₂ O ₂ , HCO ₃ ⁻ ·HO ₂
95	HCO ₃ ⁻ ·H ₂ O ₂
110	HCO ₄ ⁻ ·HO ₂
111	HCO ₄ ⁻ ·H ₂ O ₂
127	CO ₃ ⁻ ·H ₂ O ₂ ·HO ₂ , HCO ₃ ⁻ ·(HO ₂) ₂
128	CO ₃ ⁻ ·(H ₂ O ₂) ₂ , HCO ₃ ⁻ ·H ₂ O ₂ ·HO ₂
144	HCO ₄ ⁻ ·H ₂ O ₂ ·HO ₂
160	CO ₃ ⁻ ·H ₂ O ₂ ·(HO ₂) ₂ , HCO ₃ ⁻ ·(HO ₂) ₃