

プラズマプロセス診断法の現状と課題

Current status and issues of diagnostics for plasma processing

○ 佐々木 浩一 (北大工)

○ Koichi Sasaki (Hokkaido Univ)

E-mail: sasaki@qe.eng.hokudai.ac.jp

[はじめに] プラズマエレクトロニクスの成立・発展に対するプラズマ診断技術の寄与に異論を挟む方はおられないだろう。25年前の時点では低ガス圧の反応性プラズマはブラックボックスであったが、その後のプラズマ診断技術の発展により、現在では、その気になれば、低ガス圧プラズマの内部パラメータを相当に詳しく知ることができるようになっている。ところが、大気圧プラズマ研究の台頭と、それに伴う液相でのプラズマ誘起反応に関する関心の高まりにより、ある意味では、現在の反応性プラズマ研究は25年前の状況におかれているとも言える。今一度原点に戻り、大気圧プラズマや液中プラズマに適用できるプラズマ診断技術の開発研究にコミュニティのパワーを投入すべき時期と考えられ、本シンポジウムがその契機となることを期待する。なお、以下の文の括弧内のお名前はそれぞれの記述に対応する本シンポジウムの講演者の方である。

[大気圧プラズマ中の荷電粒子] 電子の密度と温度 (願わくば電子エネルギー分布関数) を知らなければ、プラズマ中でのラジカルの生成レートを推定できない。これは難しい問題で、低ガス圧プラズマでも、電子エネルギー分布関数の正確な測定 (トムソン散乱) は比較的后になって確立された。しかし、低ガス圧プラズマでは、ラングミュアプローブを用いれば、多少不正確であっても電子に関する情報を誰でも簡単に取得できた。トムソン散乱は大気圧プラズマでも使用できるが、感度に限界があり、技術的ハードルも高いので、今後はより簡単な方法が求められる。大気圧条件で働く衝突輻射モデルに関する取り組み (赤塚氏) に期待するところ大である。また、大気圧プラズマに適用できるレーザー干渉計 (占部氏) は核融合研究から輸入された方法である。

[大気圧プラズマ中のラジカル] プラズマ誘起反応を直接的に支配するので、ラジカル密度は多くの方が測定したいと思われる量である。レーザー誘起蛍光法や吸収分光法 (竹田氏) は大気圧プラズマにも適用できるので、電子パラメータの測定に比べると事態は深刻でないとも言える。ただし、電子励起状態の衝突クエンチングや分子回転温度の空間分布の影響について、常に注意を払う必要がある。4重極質量分析器を用いて大気圧のガスをサンプリングする研究も行われており (長門氏)、市販品もある。

[液中プラズマの診断] 液中に存在する気泡の内部で生成されたプラズマの場合には、光が直進しないなどの技術的困難が付加されるものの、本質的には大気圧プラズマと同じである。反応性プラズマのコミュニティにとっての最難関は、液相に輸送された化学的活性種の検出 (密度測定) と考えられる。液中でも電子励起状態のエネルギーが決まる分子の場合には、レーザー誘起蛍光 (燐光) 法や吸収分光法が使用できるので、当面は測定事例の積み上げが必要だろう。液相の場合には、一般には振動状態を利用した分光法 (伴野氏) が必要となるが、我々のコミュニティはその感度を感覚的に理解できていない。今後は、分析化学や放射線化学などの他分野で用いられている方法 (北野氏、伊藤氏) を積極的に取り入れ、それらをプラズマプロセッシングの本質である短寿命ラジカルの検出に展開する取り組みが重要となる。講演では、溶液科学の分野で研究が進んでいる液相でのキャビティリングダウン吸収分光法についても紹介したい。また、大気圧プラズマおよび液相プラズマでは、低ガス圧プラズマ以上に「熱」と「流れ」が重要なキーワードになるので、機械工学の分野で用いられている計測方法を取り入れることも重要と考えられる。