

大気圧プラズマの応用

キーワード：パルスコロナ、誘電体バリア放電、大気圧グロー放電

大気圧プラズマとは

通常プラズマ処理というのは減圧下で行われます。放電によって気体分子は活性化し、ラジカルを生成しますが、一部はイオン化します。イオン化の際、飛び出した電子は数万度以上の高温となりますが、他のイオンや分子は常温付近に留まります（非熱平衡プラズマ）。プラズマ処理では処理物の温度がそれほど上がらないため、このラジカルを基とした反応を利用した様々な応用があります。

大気圧での放電はアーク放電のように電子温度、イオン温度、ガス分子温度がほぼ等しい熱平衡プラズマとなります。このままでは処理物の温度が高くなりすぎ、高分子は炭化してしまい、表面だけの処理はできません。

大気圧で非熱平衡プラズマを得るには、

電極の表面を誘電体（直流電圧に対しては電気を通さない絶縁体としてふるまう）で覆うことによる誘電体バリア放電があります。誘電体が電荷をチャージすることによって電圧差が小さくなり、放電が止まり、アーク放電まで発展しません。

針状の電極やワイヤ状の電極を平板電極と対置させ、先端での電子の電離によって放電での電流を制限します。電流が少ししか流れないため、温度の上昇が抑えられます。

パルス電圧を印加する方法は放電がアーク放電に移行する前に電圧を切るという方法で温度が上がリません。

ここでは当所で行ってきた研究の結果を基に大気圧プラズマの個々の例について解説します。

大気圧グロー放電

誘電体バリア放電はオゾンを生成する最も一般的な装置です。この方式はフィラメント状の細い放電（マイクロ放電）が多数生成しますので、高分子表面の様な改質という目

的には適しません。しかし、ヘリウム中で誘電体バリア放電を行うと、均一なグロー状の放電が得られることが最近発見されました。図1は繊維や高分子を連続的に処理することができる大気圧グロー放電装置です。従来のプラズマ処理装置と異なり、電極が石英ガラスの誘電体で覆われています。著者らはこの装置を用いてポリフェニレンサルファイド(PPS)の接着性改善の研究を行ってきました。その結果、従来の減圧する必要のあるプラズマ処理と同等の成果が得られることがわかりました¹⁾。

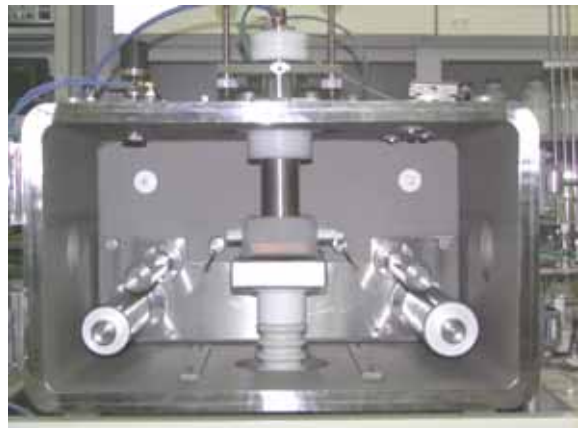


図1 大気圧グロー放電装置

パルスコロナ

コロナ放電は高分子の表面改質にかなり以前から用いられている方法です。これはポリエチレンやポリプロピレンのようなフィルムやプラスチックのように、本来、印刷や接着ができなかった素材を改質するのに使用されてきました。しかし、繊維のようなフラットでない表面を持つものにはより以上に電圧を上げる必要があり、処理する繊維を損傷してしまうことがあり、コロナ放電は繊維の処理には不向きとされてきました。しかし、図2のように非常に短い時間内にパルス状に電圧を印加する方法(パルスコロナ)が開発され、

100kV のような非常に高い電圧を印加しても処理物の温度がほとんど変わらない処理が可能となりました。羊毛は通常ドライクリーニングが必要ですが、当所ではパルスコロナを用いて羊毛を処理し、洗濯しても縮まない防縮加工を行ってきました。特に、樹脂加工と組みあわせることによって、手洗いでだけでなく、機械による洗濯を何十回繰り返しても縮まない加工を実現しました²⁾。

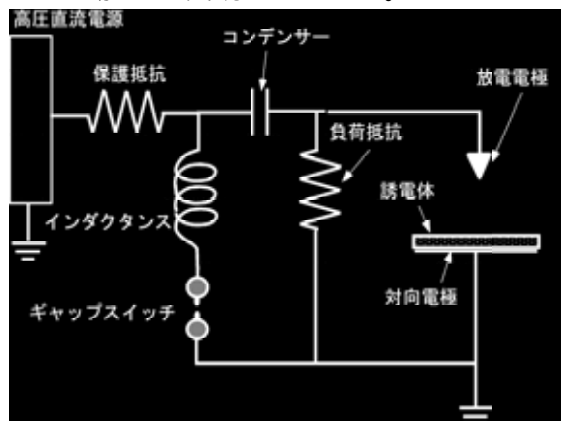


図2 パルスコロナ処理装置

吹き出しコロナ（プラズマジェット）

基本的にはコロナ放電ですが、放電電極をノズル内部に設置し、電極間に種々のガスを流し、ノズルからプラズマ化したガスを噴出させる方法です(図3)。この方法はガスを連続して流しているため、電極が冷却され、また、試料が放電極から離れているため、損傷



図3 吹き出しコロナノズル部

を受けにくいという特長があります。著者らはこの装置を密閉チャンバーに取り付け、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE(テフロン))上に大気圧でのプラズマ重合を試みました。PTFEは耐薬品性、摩擦特性、撥水性、絶縁性などに優れていますが、接着ができないという欠点があり、使用することを難しくしています。接着性改善には金属ナトリウムが用いられていますが、非常に危険であり、環境にも大きな負荷がかかります。プラズマ重合によってPTFEの表面を改質できれば大きな技術革新となります。さらに大気圧で可能であれば早期の実用化が期待できます。そのため、我々が開発したのが図4のようにチャンバー内に置いたバットにモノマー液を入れ、ノズルからアルゴンガスを流して、PTFE表面にラジカル活性点を生成し、さらに、このアルゴンプラズマによって、チャンバー内のモノマー蒸気もプラズマ化し、PTFE表面にグラフト重合を行う方法です³⁾。今まで真空系が必要であったプラズマ重合を大気圧で簡易に行うことが可能となりました。

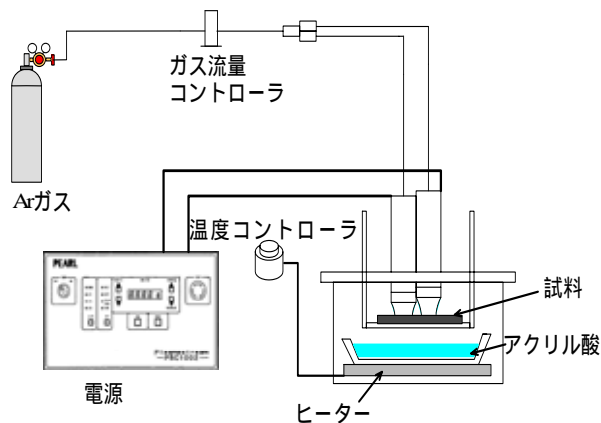


図4 大気圧プラズマ重合装置

これらの大気圧プラズマ装置は開放機器として使用していただくことが可能なものもありますので、お気軽にご相談ください。

参考文献

- 1) M.Tahara,N.K.Cuong,Y.Nakashima, IUPAC-PC2002,391
- 2) 田原,静電気学会誌,31,2(2007)42
- 3) 特願 2006-194533