

生産システム工学専攻 電子系・松岡研究室

■研究テーマ

- コロナ放電を用いた素材の表面改質
- アーク放電を用いたカーボンナノチューブ等の生成

■キーワード

放電応用、素材表面改質処理

■産業界の相談に対応できる技術分野

放電プラズマの応用、放電を用いた素材の表面改質処理



松岡昭男 准教授

連絡先
生産システム工学専攻
松岡昭男 TEL:0277-30-1720(太田キャンパス:TEL:0276-50-2337) FAX:0277-30-1707 e-mail:matsuoka@el.gunma-u.ac.jp

研究概要

気体中放電の研究

◆
私たちの研究室では、気体中で発生する放電を対象として、その原理を調べたり、またそれを利用した加工・処理などを行う方法を開発しています。研究室には、私のほか今年度は大学院生1人、4年生4人が在籍しています。“研究にはアイデアが大切だ!”と、学生諸君にはいろいろなアイデアを出してほしいと日頃から言っています。

「放電」は、「充電」の反対の言葉です。バッテリーや乾電池が、「放電した」、「充電が完了した」などと使われます。多くのバッテリーや乾電池は、液体中で放電や充電がおきます。これとは別に「気体中」でも、放電が起こります。放電の例としては、自然界では「雷(アーク放電:雲(の電荷)と大地間などの放電)」があり、人工的には蛍光灯(熱陰極型グロー放電:水銀からの紫外線で蛍光体が発光)、アーク溶接(アーク放電:高温を利用)、プラズマテレビ(グロー放電など:キセノンからの紫外線

で赤・緑・青の蛍光体が発光)などがあります。放電現象により、「発光」や「高温状態」などが発生しますので、照明や溶接、さらにディスプレイなどに応用されています。

特徴と強み

物質を解かして原子状に
再度結合させ分子状に

◆◆
当研究室では、気体中の放電を対象にして、放電を利用した①集塵機の改善、②材料の表面処理や③新しい物質の生成の研究を行っています。例えば、電気集塵機内部の構造を工夫して、強い放電を発生させて電子を多く作り、集塵効率を上げようとしています。構造によっては、放射状のとでもきれいな発光が見られます。また、フィルム表面を処理して、水に対する接触の度合いを改善させることをしています。改善前は水滴が表面張力でお皿の上に殻から落とした生卵のようですが、改善後は水滴が平べったくなり、水のシートができたようになります。この処理は特別な薬品

などを使わないので環境にやさしい処理といえます。

また、今までなかった新しい機能を持つ物質を生成することでは、アーク放電の中心部の高温状態(放電条件によりますが6,000度にもなりますので鉄や炭素の沸点をも越える温度になります)を利用して、物質を解かして原子状にし、この原子たちを別の場所に移動させ冷却して再度結合させて分子状にすることで新しい機能を持った物質を作ろうとしています。でも、私たちの使っているこれらの実験装置は結構シンプルで、取扱いも比較的簡単なものです。

放電に興味があるのは、①気体中の電気の流れ(電圧一電流特性)は、オームの法則が成立しないというおもしろさがあること、②放電の発光の様子などが電極の構造、電源電圧(電流)、電源周波数により大きく変わること、③ナノサイズ加工や高温加工、大面積加工などができるので道具としての機能を持っていること、④環境にやさしいこと、⑤放電中の各種粒子の制御が楽しみなことなどがあるからです。

放電が発生すると、気体分子や気体原子の一部は(条件によりますが)、「励起分子(原子)、正イオン、負イオン」にかわります。また、励起分子(原子)からは可視光・紫外線などが放射されます。正イオンが発生した場合には、同時に「電子」も発生しています。正の全電荷と負の全電荷がほぼ等しい状態が起きている場合は、一般的に「プラズマ」状態といわれています。プラズマ状態でもそうでない状態でも、多くの粒子が発生するので、いろいろな応用が可能となりますが、粒子制御の点では難しくなります。

放電によって発生したこれらの粒子1個1個が道具となります。特に、電気(電荷)を帯びた粒子「正イオン、負イオン、電子」の発生量、飛行方向や速さは、電圧をかけた時、磁場を

かけると制御ができるはずですが、すなわち電極の構造、電源電圧(電流)、電源周波数を変えると、多種多様な状態となり、制御できるはずですが、一般的には、粒子1個1個の制御ではなく、粒子の集団(電子の集団、正イオンの集団など)を制御することになります。いって見れば、励起分子(原子)、イオン、電子などは、「天から降る雪」でしょうか。これらの粒子が被加工材料表面の分子・原子に降り注ぐと、表面で化学的な反応が起こります。

降り注ぐ粒子の選定や降下速度等をうまく調整できると、表面の処理がきれいにできます。また、新しい物質が作製できる可能性があります。

ところが、材料表面に合った「雪の結晶」を選び、その量や落下速度などを上手に操るのが難しいのです。これらの量をいかに制御できるかが応用への鍵を握っています。“いろいろなアイデア”を考えて、それぞれの処理・加工などにあった「制御方法」を見つけたいと思っています。



放電処理前(左)と処理後(右)のフィルム上の水滴の様子

今後の展開

放電の応用の広がりをめざして

◆◆◆
「雪(結晶)は天から送られた手紙である。」という有名な言葉のように例えるならば、放電により発生した粒子は放電空間(プラズマ状態)から送られた(プレゼントされた)小さな道具といえるかもしれません。このとても小さな道具(電子1個やイオン1個、電子の集団、イオンの集団など)を上手に操り、我々が道具と一体になれば、放電(プラズマ)の応用はさらに広がります。粒子と一体になりたいと思いつつ、学生と一緒に研究を行っています。