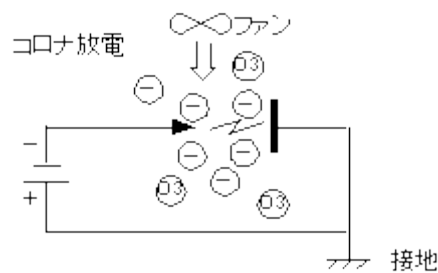


イオンを用いた空気清浄機の原理

ちょっと前までは空気清浄機といえば目の細かいフィルターや活性炭を使ってホコリや臭いの元、カビ等を捕らえるのが普通でしたが最近ではマイナスイオンやオゾンあるいはプラズマといった言葉を良く耳にします。また、これらを生かせる機能は空気清浄機だけでなくエアコン、除湿機、加湿器、ヘアドライヤー、トイレや靴の消臭器等多くの身近な製品に組み込まれるようになってきています。それでは、マイナスイオン、オゾンやプラズマはどのような働きをしているのでしょうか？マイナスイオンについて説明を始める前に、イオンについての理解を深めておきましょう。物質は、原子や分子から構成されています。この原子、分子は通常、電荷をもたない中性状態にあります。外部からエネルギーをもらうことで、原子、分子内部の電子が外にはじき出されたり（電離）、逆に電荷をもらったりすると（電荷付着）、イオンになります。正の電荷を持つイオンを正イオン(positive ion)、負の電荷を持つイオンを負イオン(negative ion)とかマイナスイオンと呼んでいます。これらの正の電荷（正イオン）と負の電荷（負イオン、電子）が、ほぼ等しい量まざりあった**電離気体**のことを**プラズマ**と呼んでおり放電により生成されます。とても大雑把な言い方をすれば、放電により高エネルギーの電子を含むプラズマが生成され、プラズマ中の電子により酸素や水が分解されオゾンや負イオンが生成されます。これらはいずれも非常に化学反応を起こしやすい物質で臭いの元やカビ等を分解してしまうのです。マイナスイオンの効用については、文献[1]によれば、浮遊している細菌（大腸菌）が1時間で90%減少した例やカビ菌が除去された例が報告されています。この報告によれば、活性の高い水酸基(OH)ラジカルが菌の表面で生成されることで菌が死滅しているようです。

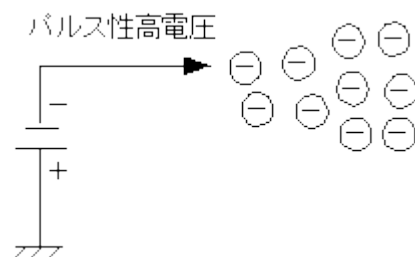
活性種の発生方法にはさまざまなものがありますが、下記に、よく産業界で用いられている発生方式を簡単に紹介しておきます。

1. コロナ放電方式：



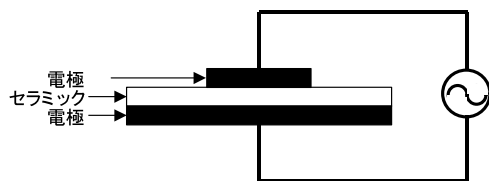
電極間に印加した直流電圧が放電開始電圧以上になるとマイナス極よりプラス電極に向かって電子が放出されます。それが周囲のガス分子に衝突してコロナ放電に移行する。コロナ放電が発生した際、極間に残存した電子が空気中の酸素分子や水分と反応します。空間に放出させるためにはファンが必要です。

2. 電子放射式：



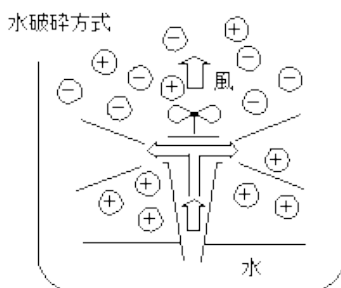
針先に尖らせたマイナス電極に、パルス性の高電圧を印加して、空気中に直接電子を放出します。空気中に放出された電子が周りの酸素、あるいは、水分と結合してマイナスイオンを形成します。エネルギーが小さいためオゾンの発生量を非常に少なくできます。

3. 沿面放電方式：



絶縁物を 2 枚の板電極ではさんで交流電圧を加えたときに小さい方の電極と絶縁体との間に起こる放電を利用して活性種の生成を行う。最近の荷電製品に組み込まれているのはこのタイプが比較的多い。

4. 水破碎方式：



水を勢いよく噴出させ、マイナスとプラスに帯電した水滴に分けます。滝などで水がはじけ飛ぶ際に大きな水滴がプラスに、小さな水滴がマイナスに帯電するというレナード効果を応用したものです。装置が大きくなり高価になる上に非常に大きな音を発生するので家庭で用いるのには不向きであると考えられます。ちなみに、滝の近辺でのイオンの大きさは、直径 3 nm をピークにもつ分布となるようです[1]。

この他にも、紫外線や放射線を用いる方式やこれらの方式を組み合わせたものもあります。いずれの方法も物質にエネルギーを注入して分解し活性種を作るわけです。後から皆さんに作ってもらうのは放電を利用したマイナスイオン

発生器ですので、ここでは放電を用いる方法について詳しく扱います。高電圧印加タイプのマイナスイオンの発生器は、放電形式や形状が様々あり、生成される活性種・イオン種が異なります。たとえば、空気中の酸素や水を分解して活性種を作る場合は以下のような反応を利用します。

- ・ $e+O_2 \rightarrow O_2^+ + 2e$ (直接電離)
- ・ $e+ O_2 \rightarrow O+O^*+e$ (解離)
- ・ $O^*+H_2O \rightarrow 2OH$ (OH ラジカル生成)
- ・ $e+ O_2+O_2 \rightarrow O_2^-+ O_2$ (三体付着. 負イオン生成)
- ・ $O+ O_2+ O_2 \rightarrow O_3+ O_2$ (三体衝突. オゾン生成)

などがありますが、条件によっては大きなクラスター状の粒子 ($O_2^-(H_2O)_n$) が生成されることもあります。化学反応式の中の e は電子をあらわし、元素記号の右肩に付いている*は励起状態をあらわしています。発生したオゾンや OH ラジカルは強い酸化作用があり、消臭や殺菌に利用されています。

ここで注意しなければならないのは、有効な活性種（オゾンの場合家庭製品基準値で 0.05 ppm が上限）が生成されることに加え、空気には窒素や微量でも二酸化炭素が含まれていますので、ばらばらになった原子同士が反応して NO_x (窒素酸化物) や CO (一酸化炭素) ができることです。参考までに、大気に含まれる分子を分解するのに必要なエネルギーを挙げておきます。

大気中分子の解離エネルギー： N_2 : 9.76 eV, O_2 : 5.12 eV, CO_2 : 5.45 eV,
 H_2O : 5.12 eV

つまり、放電により放出され分子を分解するのに使われる電子のエネルギーが高すぎると窒素を分解してしまうので NO_x (窒素酸化物) が生成され、低すぎると酸素や水の分解が出来ないために有効な活性種も生成されません。また、有効な活性種自体も濃度が高すぎれば有害になります。このことを参考にグループごとにいろいろな放電電極を考案し作製してみましよう。空気清浄機能の研究や製品開発では、いかにして有効な活性種を必要なだけ生成し、不必要な物質を作らないかと言うことが鍵となります。今回行う実験では低濃度の活性種しか生成されないので短時間では人体に影響がないことを確認していますが、家電製品に組み込まれているような十分なテストを経たものではないので不必要に放電後の空気を吸引することは避けましよう。

