Development of Plasma Combined Electronic Air Cleaner

○ 学 黒木 智之 (阪府大)

盛田 慎吾 (阪府大)

正 大久保 雅章 (阪府大)

正 山本 俊昭 (阪府大)

Tomoyuki KUROKI, Shingo MORITA, Masaaki OKUBO and Toshiaki YAMAMOTO,
Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Sakai, Osaka 599-8531

The plasma combined electronic air cleaner which composed of collection of submicron particles and decomposition of acetaldehyde and ammonia was investigated, offensive odor of tobacco smoke. For acetaldehyde decomposition, about 90% of decomposition efficiency was obtained with the use of nonthermal plasma under dry condition. For ammonia decomposition, 100% of decomposition efficiency was obtained with the use of nonthermal plasma on the optimum condition. The combination of electronic air cleaner having more than 99% collection efficiency for 0.3 and $0.6\mu\text{m}$ and nonthermal plasma technology leads to the breakthrough of the conventional indoor electronic air cleaner technology.

Key Words: Indoor Air Cleaner, Electronic Air Cleaner, Nonthermal Plasma, Nonequilibrium Plasma, Electrostatic Precipitator, Acetaldehyde, Ammonia, Decomposition

1. 緒言

タバコ煙に含まれる粒子状成分など、空気中の微粒子は空気清浄機 (ESP) で効果的に集じることができるが、悪臭を引き起こすガス状の化合物を除去することは原理的に困難である。そこで、本研究では従来の ESP とプラズマを結合させ、粒子と臭いを同時に除去することのできる新しい ESP の開発のための基礎研究として、既報⁽¹⁾⁽²⁾に引き続き、プラズマリアクタを使ってタバコの煙の悪臭の主な原因であるアセトアルデヒド (CH_3CHO) とアンモニア (NH_3) の分解実験を行った。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概略図を Fig. 1 に、この実験で用いたプラズマリアクタを Fig. 2 に示す。このリアクタはアルミフィルムを軸に交互に巻きつけた形状をしており、一方のアルミフィルムはポリエステルフィルムでラミネートされている。もう一方のアルミフィルムには電極間隔を一定に保つために切り起こし部を設けている。ポリエステルフィルムでラミネートされたアルミフィルムには 60Hz の交流高電圧を印加し、切り起こしのあるアルミフィルムは接地した。印加電圧の波形はオシロスコープ (Tektronix 社製 TDS380P-2GS/s) により、電圧プローブで測定した。以下の結果では、リアクタへの電圧を波形の最大と最小の差 V_{pp} として表示した。

実験に使用する模擬ガスは、 N_2 で調整された 1020 ppm のアセトアルデヒドあるいは 950 ppm のアンモニアとコンプレッサから乾燥器を通して作成した乾燥空気を混合したものである。アセトアルデヒドおよびアンモニアの濃度はそれぞれのラインの流量調整弁によって調整した。流量は 5, 10, 20 L/min の 3 種類に変化させた (リアクタ内での滞留時間はそれぞれ約 12 s, 6 s, 3 s)。

プラズマリアクタで処理されたガスは、サンプリングポートにおいてシリンジを用いて 50 mL サンプリングされ、サンプル内のアセトアルデヒドの濃度をガスクロマトグラフ (島津製作所製 GC-14B) を使って測定した。アンモニアの濃度と副生成物の濃度は FT-IR (フーリエ変換赤外分光器, パイオラッド社製 FTS3000) を用いて測定した。

Fig. 1 Experimental setup for offensive odor gas decomposition

Fig. 2 Film type plasma reactor

3. 実験結果及び考察

乾燥空気によって初期濃度を 100 ppm に調整したときのアセトアルデヒドガスをリアクタで処理したときのアセトアルデヒド濃度とリアクタへの印加電圧の関係の測定結果を Fig. 3 に示す。アルデヒドの初期濃度が 100 ppm よりも下回っているのは風洞内壁への付着などが原因であると考えられる。この図より、すべての流量に対してアセトアルデヒドの分解は印加電圧が 3 kV を超えたあたりから始まり、すべての流量において 8 kV で分解率が最大となり、流量が 5 L/min では 88.25%, 10 L/min では 88.21%, 20 L/min では 77.74% のアセトアルデヒドが分解されている。また、印加電圧が一定の場合にはアセトアルデヒドの分解量は流量の増加とともに減少している。また、アセトアルデヒド分解時の副生成物を FT-IR で分析した結果、 O_3 , HNO_3 , $HCOOH$, CO , N_2O が生成されていることが確認されたが、 CO_2 , NO , NO_2 については測定することができなかった。

流量が 10.0 L/min のときの O_3 , HNO_3 , $HCOOH$, CO , N_2O の印加電圧に対する副生成量を Fig. 4 に示す。図より、 O_3 が他の副生成物に比べて多く発生していることがわかる。しかし、この程度の O_3 ならば触媒や活性炭などを用いて 0.1 ppm 以下まですることが可能である。

次に、アンモニアもアセトアルデヒドと同様な方法で初期濃度を 100 ppm に調節して実験を行った。その結果を Fig. 5 に示す。この図より流量が 5 L/min と 10 L/min の場合には電圧が 8 kV のところでは完全にアンモニアが分解されているのがわかる。また、20 L/min のときでも 85.22% の分解効率を得られた。アンモニア分解時の副生成物を FT-IR で分析した結果、アセトアルデヒドの分解の場合と同様な副生成物が測定された。

流量が 10.0 L/min のときの O_3 , HNO_3 , $HCOOH$, CO , N_2O の印加電圧に対する副生成量を Fig. 6 に示す。Fig. 4 と同様に O_3 が他の生成物と比べて多く発生している。 HNO_3 に注目するとアンモニア分解時には 7 kV までは全く発生していないが、8 kV では約 17 ppm 発生している。8 kV ではアンモニアが完全に除去されていることを考えると、アンモニアが存在する状態ではプラズマによって発生した HNO_3 は直ちにアンモニアと反応し、硝酸アンモニウムを生成していると思われる⁹⁾。実際、実験後にフィルム電極を見たところ大量の白い粉が付着していた。

以上より、このリアクタを通常の EAC の前に置くことにより、臭いと粒子を同時除去することが可能であることがわかった。

4. 結論

プラズマリアクタと ESP を組み合わせた空気浮遊微粒子と悪臭ガスの同時除去が可能な新しい空気清浄機を提案し、その開発のための基礎データを得るため、プラズマリアクタの基本性能を実験的に調べた。主な結果は次のようにまとめられる。

- (1) 乾燥空気中で 100 ppm に希釈したアセトアルデヒドガスに対し、プラズマリアクタへの印加電圧が最大値 (8 kV) の場合には約 90% の除去率を得た。分解効率の流量の増加とともに減少する。
- (2) 乾燥空気中で 100 ppm に希釈したアンモニアガスに対しては最適条件下では完全にアンモニアを除去することができた。
- (3) アルデヒド除去時には HNO_3 が生成していたが、アンモニア除去時には全く発生していなかったことから、アンモニアはプラズマによって生成された HNO_3 と反応し硝酸アンモニウムに変化したと考えられる。

Fig. 3 Acetaldehyde concentration under dry air using the film type plasma reactor

Fig. 4 Byproducts concentrations under dry air using the film type plasma reactor when decomposition of acetaldehyde (flow rate = 10.0 L/min)

Fig. 5 Ammonia concentration under dry air using the film type plasma reactor

Fig. 6 Byproducts concentrations under dry air using the film type plasma reactor when decomposition of ammonia (flow rate = 10.0 L/min)

参考文献

- (1) 黒木, 福元, 大久保, 山本; 第 16 回エアロゾル科学・技術研究討論会 pp.108-110 (1999)
- (2) M. OKUBO, T. YAMAMOTO, T. KUROKI and H. FUKUMOTO; Proc. 1999 IEEE/IAS 34th Annual Meeting, 3(1999)1483.
- (3) 水野, 松岡, 清水: 放電プラズマ化学反応場を有する電気集塵によるたばこ煙汚染空気の脱臭及び除塵, 平成 5 年度喫煙化学研究財団研究年報