

1. 서론

휘발성 유기화합물(이하 VOCs라 함)은 각종 산업공정과 유기용매의 사용을 통하여 대기중으로 방출되어 도시환경에서 광화학 스모그의 전구물질 역할을 함은 물론, 작업장에서 발암성 물질 또는 만성, 급성의 건강장애를 일으킴으로써 악영향을 주고 있다. 이에 따라 미국 EPA에서는 189개의 유해대기오염물질(Hazardous Air Pollutants : HAP) 목록에 상당수의 유기물질을 포함시켰고 오염물질 각각보다는 주로 배출원 중심으로 규제를 하고 있다. 우리나라의 경우 다른 선진국들에 비해서는 VOCs에 관한 규제가 상대적으로 부족하였지만 1999년부터 환경부는 VOCs에 대한 규제를 할 것을 예시하고 있다. 이에 대한 대응책으로 소각(열, 촉매 등), 분해, 흡착 등을 이용한 기존의 처리기술외에도 자외선, 코로나, 플라즈마를 이용하는 처리 기술에 관한 연구가 현재 활발히 진행되고 있으나, 주로 규제가 이루어질 대규모 배출시설을 대상으로 한 방지장치와 처리 기법에 한정하고 있다.

이중 플라즈마를 이용한 처리공정은 플라즈마 반응기에 의해 발생된 강력한 전자를 이용하여 다량의 활성자유기(Radical)를 발생시켜 처리대상물질과 반응시켜 분리하거나 산화시킴으로써 궁극적으로는 무해한 가스나 입자로 전환하는 것을 목적으로 한다.

상온·상압하에서 플라즈마 상태를 만들수 있는 연면방전 플라즈마 화학처리방식(SPCP)은 알루미늄나 화인세라믹을 이용한 고주파 연면방전형 소자 표면에 강력한 연면방전을 형성하여 다량의 자유기와 오존을 생성하고 이 영역에서 유해가스를 산화처리하기에 기존의 공기정화기술보다 고효율이고, 운전·유지·관리면에서도 유리하고 수명과 안정성이 높은 장점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 비교적 저농도 소규모 배출원에 경제적으로 적용할 수 있는 연면방전 플라즈마 화학처리방식(SPCP)을 VOCs 처리에 적용하기 위해 연면방전체의 성능특성 실험을 통하여 최적 조건을 선정하고 처리실험을 하였다.

2. 실험장치 및 방법

연면방전체의 플라즈마 생성 성능, O₃, NO_x 등의 부산물 발생량 및 안정성을 파악하기 위하여 본실험에서는 유량 20 LPM 에서 주파수, 전압을 변수로 하여 반응조 실험을 수행하였다.

처리실험의 경우 처리대상물질로는 방향족 탄화수소 중 인체에 독성이 강한 톨루엔을 선정하여 테플론 백에 일정량의 용매와 희석가스로 Zero 공기 이용하여 적정농도를 만들어 공급하였으며 흡착튜브에 포집하여 열탈착장치를 연결한 GC-MSD(Detector : Electron Ionization)로 분석하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

본실험은 주파수(20.3~41.7 kHz), 전압(0~8 kV)을 변수로 하였으며, 이때 전압을 더 높이면 방전판이 손실된 우려와 전압, 전류가 불안정하게 되므로 8 kV를 한계전압으로 하여 실험을 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

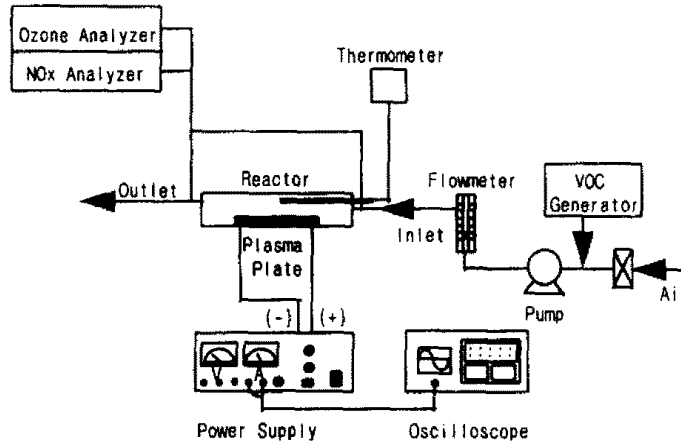


Fig. 1 Schematic diagram of experimental system

- (1) O_3 이 생성되기 시작하는 순간인 개시전압은 주파수 35 kHz이전까지는 5 kV, 35.2 kHz부터는 4 kV으로 주파수를 크게 할수록 개시전압과 최대점이 발생하는 전압은 점점 낮아지는 것을 볼 수 있다.
- (2) 측정시작한 후 1~2분 정도 경과한 후에 O_3 량 최대점이 나오게 되며 0.22~15.37 mg O_3 /min을 발생시키고 있다. 저주파수, 저전압일 경우에는 O_3 량은 일정하게 유지되나 주파수, 전압이 높아질수록 O_3 량은 급격히 감소하게 된다.
- (3) 전압에 따른 전기적 특성실험을 한 결과 방전전압이 높을수록 입력되는 전압도 따라서 상승하게 되며 전류의 경우 0.01~0.40 Ampere, 전력 0.25~50.0 watt로 나타나 방전전압 상승에 의해 전력소비량도 증가됨을 볼 수 있다.
- (4) 일반적으로 주파수, 전압을 상승시키면 O_3 생성량, 온도, 소비전력량도 증가함에 동시에 인체에 유해한 부산물인 NO_x 의 발생량도 많아졌다.
- (6) 특성실험 결과 생성되는 O_3 , NO_x , 소비전력, 온도변화등을 고려하여 볼때 주파수 20.3~30.1 kHz, 방전전압 5~6 kV의 범위를 처리실험에 적합한 조건으로 선정하였으며 이 조건에서 톨루엔을 처리대상물질로 하여 처리실험을 수행하였다.

참고문헌

1. 이주상, 고주파 연면방전 플라즈마를 이용한 NH_3 , H_2S , CH_3SH 의 악취처리에 관한 연구, 서울시립대학교 박사학위 논문, 1995
2. 김광영, 접촉산화분해용 연면방전장치개발에 관한 연구(I), 상공자원부, 1994
3. 송영훈, 플라즈마를 이용한 유해가스처리 신기술, 가스상 오염물질처리 신기술, 한국대기보전학회, 1995
4. 백성옥, 환경 휘발성 유기화합물의 포집과 분석방법, 한국대기보전학회지, 제12권, 제1호, 1996
5. Bernie.m. et al, Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution Control, NATO ASI, 1994
6. Tetsuji.O. et al, Decomposition of Fluorocarbon Gaseous Contaminants by Surface Discharge Induced Plasma Chemical Processing, IEEE Transaction on Industry Applications, 29