

PD1) 무성방전내에서의 톨루엔 제거 특성에 관한 연구

Removal Characteristics of Toluene in Dielectric Barrier Discharge Process

이현돈 · 정재우 · 박정호 · 전기일 · 이용환¹⁾ · 박경렬²⁾ · 조무현¹⁾

진주산업대학교 환경공학과, ¹⁾포항공과대학교 환경공학부, ²⁾우송공업대학 환경공학과

1. 서론

휘발성 유기 화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)은 주로 도장산업, 석유정제 및 저장시설, 화학공업, 자동차 등으로부터 배출되며 광화학적 산화물을 생성시킬 뿐만 아니라 성층권 오존층 파괴나 지구온난화에도 기여함으로써 환경에 악영향을 미치는 물질이다. 또한, 대부분의 VOC가 인체에 유해하며 일부 물질들은 발암성을 가지는 것으로 평가되고 있어 배출이 엄격하게 규제되는 물질이다.

현재까지 VOC를 처리하기 위해 흡착, 연소, 촉매연소, 생물학적 처리 등을 포함한 다양한 기술이 적용되어 왔으며 비교적 최근에 비열 플라즈마(non-thermal plasmas)를 이용하는 기술들에 관한 연구가 강도 높게 진행되고 있다. 본 연구에서는 향후 진행될 대규모 공정 연구의 기초자료로 활용할 목적으로 실험실 규모 연구를 통해 무성방전에서 방전 특성 및 톨루엔 제거에 미치는 다양한 운전변수들의 영향을 평가하였다.

2. 실험 장치 및 방법

본 연구에서 사용된 실험장치는 그림 1에 나타난 바와 같이 기체 유입부, 전원공급부, DBD 반응기 및 분석장치로 구성되어 있다. 반응기로 유입되는 기체의 유량을 조절하기 위해 MFC(mass flow controller)를 사용하였으며 반응기로 고전압을 인가하기 위해 220V, 60Hz의 교류전압을 1:15000의 트랜스포머를 이용하여 증폭시켰다. 전압, 전류, 에너지와 같은 방전의 전기적 특성을 관찰하기 위해 그림에 나타난 회로를 구성하였으며 1000:1 고전압 프로브(Tektronix 6015), 100:1 프로브(Tektronix P5100)를 오실로스코프(Tektronix 744A)에 연결하여 사용하였다. 톨루엔 농도 측정은 GC/FID(Varian Star 3600CX)를 사용하였다. 톨루엔 제거에 미치는 초기농도, 가스 체류시간, 가스 조성의 영향을 알아보기 위해 표 1에 나타나 있는 범위에서 각각의 변수들을 조절하며 실험하였다.

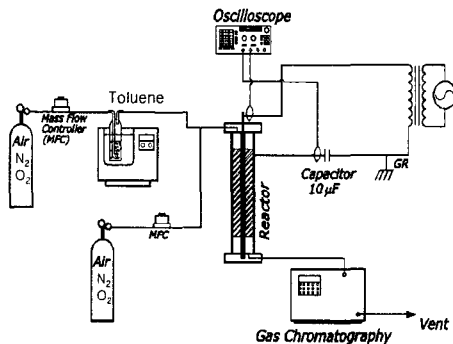


Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup

Table 1. Major operating parameters and ranges

	Parameter	Pange
Electrical parameter	voltage	0 ~ 24 kV peak
	frequency	60 Hz
	energy	0 ~ 500mJ/cycle
Reactor parameter	electrode surface	smooth, coarse
	inner diameter of reactor	20 mm
	inner electrode diameter	12, 16, 19 mm
	dielectric thickness	2.9, 3.8, 4.5 mm
Gas parameter	inlet concentration	90 ~ 230 ppm
	gas retention time	2, 3, 4 sec
	gas composition	O ₂ (0-21%), H ₂ O(dry/wet)

Note) Gas retention time is calculated on the basis of reactor volume.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 DBD 방전내에서 전압의 인가에 따른 전형적인 톨루엔 제거 경향을 나타내고 있다. 방전 개

시전압보다 높은 전압이 인가되면서부터 톨루엔의 제거가 시작되며 전압이 증가함에 따라 제거효율이 증가하는 현상을 관찰할 수 있다. 그림 3은 톨루엔 제거에 미치는 내부전극 표면상태의 영향을 나타내고 있다. 거친 표면의 전극을 사용할 경우보다 매끈한 표면을 가진 내부 전극을 사용할 경우에 낮은 에너지가 반응기로 전달되고 있음에도 불구하고 더 높은 제거효율이 얻어짐을 관찰할 수 있다. 이런 현상은 모든 기체 영역에 걸쳐 방전이 균일성과 관련되어 일어난 결과로서 판단된다. 그림 4는 톨루엔 제거에 미치는 가스 체류시간의 영향을 나타내고 있으며 체류시간이 증가함에 따라 톨루엔의 제거효율이 증가하는 현상을 관찰할 수 있다. 같은 조건에서 얻어지는 결과들을 에너지밀도에 따라 도시하면 그림 5와 같다. 에너지 밀도가 증가함에 따라 제거효율은 거의 선형적으로 증가하며 이러한 경향이 체류시간의 변화에 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

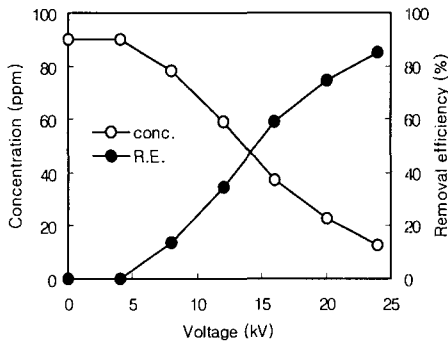


Fig. 2. Removal trend of toluene with applied voltage.

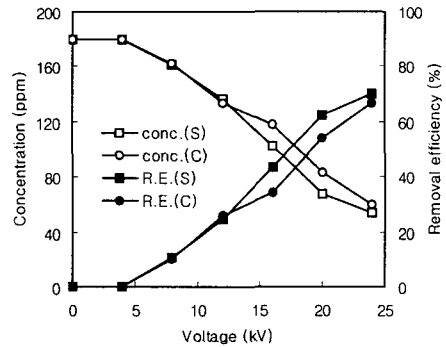


Fig. 3. Effect of electrode surface state on toluene removal.

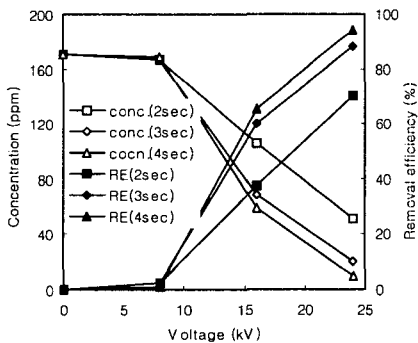


Fig. 4. Dependence of toluene removal on gas retention time.

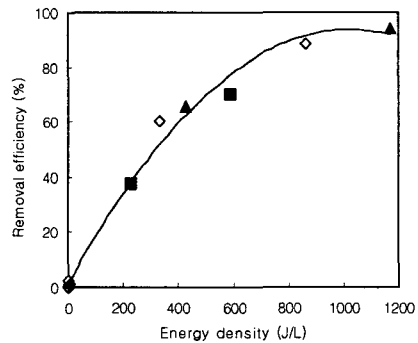


Fig. 5. Effect of gas retention time with energy density.

참 고 문 헌

Urashima K. and J. S. Chang (2001) Removal of volatile organic compounds form air streams and industrial flue gases by non-thermal plasma technology, IEEE Transactions on Dielectric and Electrical Insulation, 7(5), 602-614