

EA6) 전자빔을 이용한 BTEX의 제거특성 Removal Characteristics of BTEX Using Electron Beam

김조천¹⁾ · 이승기¹⁾ · 조성용²⁾ · 소철호³⁾ · 이강웅⁴⁾ · 김기준

동신대학교 환경공학과, ¹⁾(주)신천산업, ²⁾전남대학교 환경공학과,

³⁾동신대학교 물리학과, ⁴⁾한국외국어대학교 환경학과

1. 서 론

휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs)은 용제를 사용하는 도장공정, 석유화학공정 등 각종 산업공정과 자동차로부터 배출되어 대기중에 광화학 산화물 형성에 관여하거나 그 자체로 발암성을 나타내는 물질로 인간 건강에 악영향을 미치며, 또한 온실가스의 역할을 하는 것으로 알려졌다. 특히 BTEX는 산업공정에서 많이 사용되는 물질로서 반드시 처리되어야 할 규제대상물질이다. 이러한 VOCs를 처리하는 기존의 방법으로는 열적산화, 촉매산화, 활성탄 흡착법, 흡수법 등 여러 방법들이 있으나, 이러한 처리방법들은 가열이 필요하거나 흡착제 재생의 필요 같은 문제점들이 있고 또한 VOCs가 대용량으로 배출될 경우 많은 어려움이 있다. 하지만 가속기를 이용한 전자빔 처리공정의 경우 상온에서 운영되고 2차오염물 발생이 없으며, 특히 유량이 매우 크고 저농도로 배출되는 VOCs의 처리의 경우에 기존의 처리법 보다 더욱 경제적이고 효율적으로 적용될 수 있다.(Hirota, 1998). 본 연구에서는 전자빔을 이용하여 BTEX를 농도와 선량에 따라 처리하여 그 처리특성을 알아보았으며 처리율을 향상시키는 인자들에 대하여 연구하였다.

2. 연구 방법

본 실험에 사용된 전자빔 장치는 1MeV ELV4 선형가속기로 흡수선량은 CTA 필름 선량계를 사용하여 측정하였고 실험은 상온·상압 상태에서 수행되었다. 실험은 Batch식 실험과 Flow식 실험으로 이루어졌으며, 사용된 VOC는 실험실에서 표준용액을 이용해 직접 제조하거나 Dynacalibrator를 이용하여 일정농도로 발생시켰다. 제조된 시료는 Tedlar 반응기나 SS재질 반응기를 이용하여 조사되었으며, 샘플시료의 포집은 Tedlar Bag 이나 Carbosieve S III/Tenax TA 흡착트랩을 이용하였고 정량/정성분석은 GC/FID(HP5890) / GC(HP6890)/MSD (HP5973)/Tekmar6000을 이용하여 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

Pyrex재질 반응기와 Tedlar 재질 반응기 경우를 비교하여 분해특성을 연구한 결과 Pyrex재질보다 두께와 밀도가 적은 Tedlar재질의 경우에 같은 조건하에서 높은 분해특성을 나타내었다. 이러한 자료를 토대로 Tedlar 재질 반응기가 주로 사용되었다. 또한, 12-77kGy 선량에서 275-550ppmC 농도로 변화시켜 본 결과 Benzene은 89.7%, Toluene은 98.7%의 최대제거효율을 보여 농도가 낮을수록 그리고 선량이 높을수록 제거특성이 좋으며 Toluene의 경우가 Benzene에 비해서 제거가 잘 된다는 기본적인 결과를 얻었다. 그림 1은 비교적 저농도(60-130ppmC)의 Benzene과 Toluene을 6-12kGy선량으로 동시에 처리한 실험결과가 나타나 있다. 60ppmC의 농도에서 Benzene과 Toluene 모두 제거율이 80%이상 이었고, Toluene의 경우 90%이상의 높은 분해특성을 보였다. 그림 2는 같은 농도 범위(50-120ppmC)의 Ethylbenzene과 p-Xylene을 같은 선량으로 각각 처리한 실험결과로 낮은 농도의 경우 모두 95%이상의 높은 처리율을 보였으며 120ppmC의 경우도 85%이상의 처리율로 선량에 따라 약간 증가하였다. 10kGy 이하의 낮은 에너지 범위에서 모두 높은 제거효율을 보여 흡수선량의 증가에도 제거율이 더 이상 증가하지 않아 적절한 선량 이상의 에너지 투입은 제거율의 향상에 영향을 미치지 못함을 알 수 있었다.

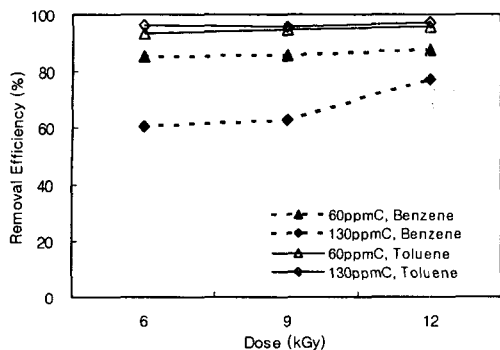


Fig. 1. Removal Efficiency of Benzene & Toluene by Electron Beam Irradiation

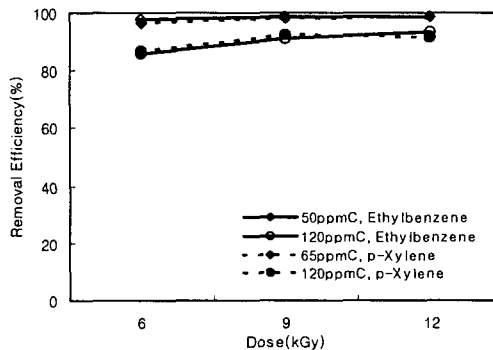


Fig. 2. Removal Efficiency of EB & p-Xylene by Electron Beam Irradiation

Flow식 실험의 경우 12.5~25kGy 조건하에 유량 3~6sLpm으로 90~125ppmC의 Benzene과 Toluene을 연속적으로 처리한 결과 낮은 흡수선량(12.5kGy)으로 처리한 경우를 제외하고는 모두 75%이상의 VOC제어 특성을 나타내었다. 또한 유량을 3~12sLpm까지 확대하여 반응기내의 체제시간을 20초에서 5초로 감소시켜 처리한 결과 유량이 증가할수록 연속적인 일정조건하에서 반응기내의 흡수선량은 감소하는 경향(25~6.2kGy)을 보였고, 농도 70~100ppmC의 범위내에서 모두 70%이상의 VOC제어 효율을 나타내었다.

처리율에 향상에 영향을 미치는 인자를 중의 하나로 수분에 의한 영향을 조사하기 위한 실험을 수행하였다. Batch식 실험에서 같은 농도의 Benzene과 Toluene을 10kGy선량에서 수분조건(0~4%)을 변화시켜본 결과, 제거효율이 건조상태 보다 수분이 존재하는 상태에서 5~10%정도 향상되었다. Flow식에서 Toluene을 10L/min 유량으로 흡수선량을 2.6~5.2kGy로 변화시키며 건조상태와 수분 공급상태에서 실험한 결과 Batch식 실험에서와 비슷하게 수분이 존재하는 상태에서 약 10%정도의 처리율이 향상되었다. 이는 H₂O의 전자빔 조사에 의한 OH라디칼 형성의 증가로 인하여 발생한 것으로 사료된다.

본 실험에서 조사전과 조사후 CO₂조성을 분석한 결과를 통해 전자빔 처리후 반응생성물중 CO₂가 상당부분을 차지하고 있다는 것을 알 수 있었다. 현재 수분의 영향 외에 BTEX 제거 효율에 영향을 미치는 인자들에 대하여 많은 연구가 진행중이다.

참고 문헌

- 김조천 (2000) 플라즈마를 이용한 배가스중의 VOC의 제거, 한국공업화학회 응용화학 제4권, 213-215
- 김조천 (1999) 전자빔을 이용한 벤젠, 톨루엔 제어에 관한 연구, 대한환경공학회 '99추계학술대회논문집, 39
- K. Hirota and S. Hasimoto (1998) Decomposition of Volatile Organic Compounds in Air By Electron Beam and Gamma Ray Irradiation. J. Adv. Oxid. Tech. Vol.3
- H. R. Paur and H. Matzing (1993) Electron Beam Induced Purification of Dilute off Gases from Industrial Processes and Automobil Tunnels. Radiat. Phys. Chem. Vol. 42.