

DB8) 전자빔을 이용한 메탄과 VOC의 분해특성 Decomposition Characteristics of Methane and VOC Using Electron Beam

김조천 · 김기준 · 이기완 · 전진 · 이재형¹⁾ · 한범수²⁾ · 임수길
동신대학교 환경공학과, ¹⁾(주)보람이엔티, ²⁾(주)이비테크

1. 서 론

비메탄계 휘발성 유기화합물(Non-Methane Volatile Organic Compounds; NMVOCs)은 많은 부분이 용제를 사용하는 공정에서 발생되어 광화학적 산화물 형성 등의 대기질 악화를 초래시키는 것으로 알려져 있다. 반면에 메탄가스는 지구온난화의 원인물질로 환경에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있고, 국내의 쓰레기 매립지에서 발생하는 양은 연간 112만톤으로 추정되어 메탄의 자원화나 처리에 대한 연구가 매우 필요한 실정이다. 그동안 열적산화, 촉매산화, 활성탄 흡착법 등 기존의 여러 방법들이 VOCs를 처리하는데 사용되어 왔으나 최근에는 전자빔 가속기를 이용한 처리방법이 기존의 방법을 대체할 수 있는 경제적이면서 효율적인 방법이 될 수 있다는 연구결과가 나오고 있다. 전자빔을 이용한 가스처리방법의 장점은 상온에서 운영되고 2차 오염물 발생이 거의 없으며, 특히 유량이 매우 크고 저농도로 배출되는 VOCs의 처리의 경우에는 전자빔기술이 기존의 처리기술 보다 더욱 경제적이고 효율적으로 적용될 수 있다고 사료된다. 본 연구에서는 메탄과 VOCs에 전자빔을 조사하여 그들 물질의 분해특성을 알아보았다.

2. 연구 방법

본 연구는 1MeV ELV4 선형가속기를 이용하여 연속식 또는 회분식으로 상온·상압 상태에서 수행되었다. VOC는 Dynacalibrator를 이용하여 일정농도로 발생시키거나 water bath를 이용하여 직접 발생시켰고, 메탄은 표준가스를 이용하여 실험하였다. 제조된 시료는 Tedlar 반응기나 SS재질 반응기를 이용하여 조사되었으며, 시료의 포집은 Tedlar Bag 이나 Carbosieve S III/Tenax TA 흡착트랩을 사용하였다. VOC의 정량/정성분석은 GC/FID(HP5890) / GC(HP6890)/MSD (HP5973)/Tekmar6000을 이용하였고 메탄은 GC/TCD(HP5890)을 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

전자빔 조사에 의한 VOCs의 농도, 선량변화에 따른 기본적인 분해특성은 김조천 등(2000)의 연구결과에 잘 나타나 있으며, 농도, 선량, 물질에 따라서 서로 다른 특성이 나타남을 알 수 있었다. 본 연구에서는 메탄의 농도와 선량에 따른 분해특성을 산소분위기에서 알아보았다. 그 결과 모든 농도에서 선량이 증가함에 따라 분해율이 약간 증가하는 것을 알 수 있었다. 농도의 변화에 따른 특성을 고찰 할 때 농도가 100ppmC인 경우는 C/Co가 0.4정도로 나타났고 농도가 270ppmC 이상에서는 분해율이 상당히 낮게 나타나 BTEX의 분해특성과는 전혀 다르게 나타남을 알 수 있었다(Fig. 1). VOC와 OH 라디칼과의 반응상수(k)는 벤젠의 경우 1.23×10^{-12} ($\text{cm}^3 \text{molecule}^{-1} \text{s}^{-1}$)이고, 톨루엔은 5.96×10^{-12} ($\text{cm}^3 \text{molecule}^{-1} \text{s}^{-1}$)인 반면에 메탄은 0.00836×10^{-12} ($\text{cm}^3 \text{molecule}^{-1} \text{s}^{-1}$)로 아주 낮은 값을 나타내어 상대적으로 낮은 반응속도가 메탄의 분해율이 낮게 관찰된 주원인임을 추정할 수 있었다.

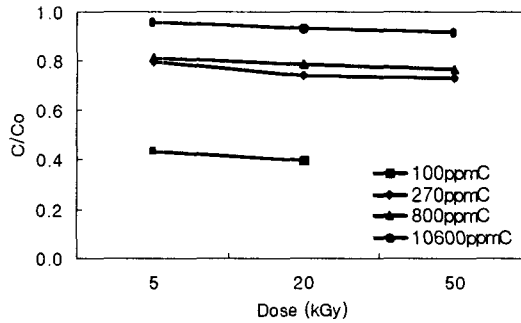


Fig. 1. Decomposition characteristics of methane by dose and concentration.

전자빔 조사에 의한 VOC의 분해메커니즘을 좀 더 이해하기 위해서 140ppmC 톨루엔을 대상으로 배경 가스를 He, air, N₂, O₂ 조건에서 각각 조사실험을 수행하였다. 그 결과 He 분위기에서는 다른 분위기에서 보다 분해율이 상대적으로 아주 낮게 나타났다. 그러나, 공기와 질소 분위기에서의 분해율은 산소분위기에서의 분해율 보다 상대적으로 약간 높게 나타났다.(Fig. 2). He 분위기에서 분해율이 낮게 나타난 것은 전자빔 가속기에 의해 조사된 전자가 톨루엔 분해에 직접적인 영향을 미치는 정도가 상대적으로 적다는 것을 의미한다. 결국 톨루엔은 전자빔 가속기에 의해 조사된 전자와 공기중에 포함된 배경가스와의 radiolysis에 의한 라디칼, 이온 등에 의해 주로 분해가 이루어지는 것으로 사료된다.

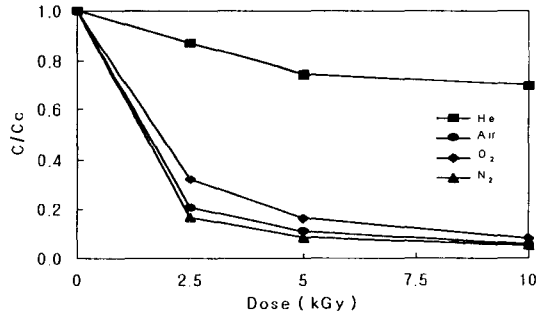


Fig. 2. Decomposition characteristics of toluene by background gases.

참고 문헌

- 김조천 (2000) 전자빔 공정을 이용한 VOCs의 분해특성 연구, 한국환경기술학회지 제1권 제3호, 289-296
 김조천 (2000) 플라즈마를 이용한 배가스중의 VOC의 제거, 한국공업화학회 응용화학 제4권, 213-215
 김조천 (1999) 전자빔을 이용한 벤젠, 톨루엔 제어에 관한 연구, 대한환경공학회 '99추계학술대회, 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.