

4C5) 라디칼 산화반응을 이용한 부탄의 전자빔 제어

E-Beam Control for n-Butane Removal Using Radical Oxidation

김기형¹⁾ · 김조천^{1),2)} · 박강남³⁾ · 손운석²⁾ · 손영식²⁾ · 임보아¹⁾ · 김기준⁴⁾ · 선우영^{1),2)}

¹⁾건국대학교 환경공학과, ²⁾건국대학교 신기술융합학과

³⁾한국동서발전 당진화력본부 환경관리팀, ⁴⁾국립환경과학원 배출시설연구과

1. 서 론

현대사회에서는 산업의 고도화에 따라 심각한 대기오염이 야기되고 있다. 특히 자동차 및 석유화학제품 관련시설에서 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds: VOC)이 다량으로 발생하고 있으며 이는 최근 대기오염의 심각한 이슈로 부각되고 있다. VOC 물질은 대개 인체에 유해하여 각종 신체 질환 및 발암물질로 작용할 뿐 아니라 환경 대기 중에서 질소산화물과의 광화학 반응을 통하여 오존을 형성시킨다(Licki et al., 2003). 특히 부탄의 경우 수도권의 오존 생성에 기여하는 대표적인 물질의 하나로 보고되고 있으며(환경부, 2007), 따라서 이에 대한 저감 및 대책이 시급한 실정이다. VOCs의 효과적인 저감을 위해 많은 연구가 이루어져 왔으나 대부분의 기술은 다량의 에너지를 필요로 하거나 대용량, 저농도의 연속적인 배출원을 가지는 시설에는 적용하기 어려운 한계점을 갖는다(Kim, 2002). 본 연구에서는 전자빔을 이용한 라디칼 산화 기술을 이용하여 오존전구물질로 작용하는 n-부탄(이하 부탄)의 분해 특성에 관한 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

본 연구에 사용된 전자빔 가속기는 1MeV(최대전력 40kW) ELV-4type으로, n-부탄의 제어는 회분식(batch)으로 이루어졌으며 부탄을 Tedlar bag(5L, SKC)에 기체로 희석하여 전자빔으로 조사하였다. 배경가스에 대한 영향을 비교하기 위하여 각각 3가지 기체(N₂, Air, He)를 바탕으로 65ppmC의 부탄 시료를 조제하였다. 또한 농도에 따른 부탄의 전자빔 제어 경향을 연구하기 위하여 Air를 배경가스로 하여 60, 110, 220ppmC의 농도로 시료를 만들어 전자빔에 조사시켰다. 전자빔의 조사는 전자빔 가속기의 조사창 밑에 설치된 컨베이어에 Tedlar bag을 설치한 후 10m/min의 속도로 이동시키며 수행되었다. 전자빔의 흡수선량은 2.5, 5, 7.5 10kGy 이었으며 조사가 완료된 후에는 실험실로 이동하여 GC/FID (HP5890, Hewlett Packard, U.S.A)를 이용하여 정량분석을 실시하였다. GC컬럼으로는 HP-1(25m(L) × 0.32mm(ID) × 0.52µm)가 사용되었다. 또한 부탄의 산화반응에 의한 이산화탄소의 발생경향을 살펴보기 위하여 CO₂ 분석기(Gas Data PAQ, UK)가 사용되었다.

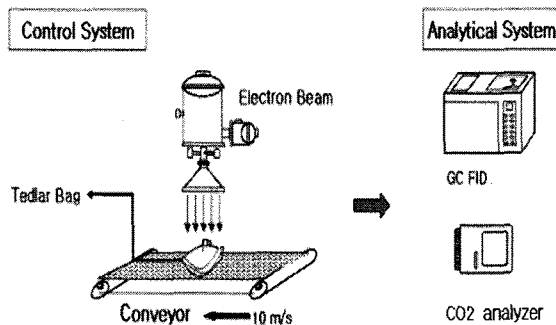


Fig. 1. Method of Electron Beam radiation for n-Butane.

3. 결과 및 고찰

n-부탄의 배경가스에 따른 전자빔의 제어 효율이 그림 2에 나타나 있다. 실험 결과 3가지 배경가스 모두 흡수선량이 증가할수록 제어효율이 상승하는 경향을 나타내었다. 그러나 Air, N₂의 경우와는 달리 He를 배경가스로 한 부탄의 경우 전자빔 제어효율이 매우 낮은 경향을 보였으며, 10kGy의 흡수선량에서 약 23%의 제어효율을 나타내었다. 이는 He의 안정한 특성 때문에 전자빔에 의해 발생된 전자들이 라디칼 등의 화학종을 생성하지 못하여 부탄의 분해에 직접적으로 영향을 미치지 못했기 때문이다. 그림 3은 부탄의 농도에 따른 전자빔 제어 효율을 보여주고 있다. 3가지 농도에 걸쳐 실험한 결과, 부탄은 저농도일수록 전자빔을 이용한 제어에 효과적이고, 고농도로 갈수록 그 제어효율이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 특히 저농도의 경우에는 저선량(2.5-5kGy)에서도 약 56%의 부탄이 제어되는 결과를 보였다. 이러한 결과는 부탄 외의 다른 VOC를 가지고 수행한 결과와 비슷한 경향을 나타내고 있으며(Kim, 2006; Kim, 2002), 이는 여러 VOC와 혼합된 상태에서도 효과적인 제어의 가능성을 보여주고 있다. 농도에 따른 이산화탄소의 발생을 측정된 결과 고농도, 고선량일수록 그 발생량이 증가하는 경향을 보였으며 220ppmC 부탄의 경우 10kGy에서 최대 약 550ppm의 이산화탄소가 발생하였다.

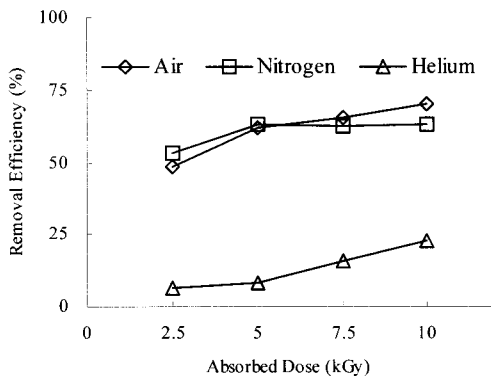


Fig. 2. Removal efficiency of n-butane with base gases.

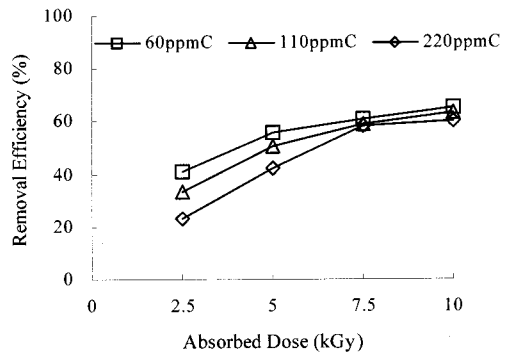


Fig. 3. n-Butane removal efficiency with concentration.

참고 문헌

- 김기준, 박강남, 김조천, 선우영, 손윤석, 김기형 (2006) 배경가스에 따른 Hexane의 전자빔 제어 연구, 한국대기환경학회지, 22(5), 724-730.
- 환경부 (2007) 수도권 대기환경정보, 2007년 2월 자료.
- Kim, J.C. (2002) Factors affecting aromatic VOC removal by electron beam treatment, Radiation Physics and Chemistry, 65, 429-435.
- Licki, J., A.G. Chmielewski, E. Iller, Z. Zimek, J. Mazurek, and L. Sobolewski (2003) Electron-beam flue-gas treatment for multicomponent air-pollution control, Applied Energy, 75(3-4), 145-154.