

DB7) 휘발성유기화합물질의 처리기술별 현장적용 특성 In-Field Characteristics of VOC Reduction Technologies

김대균, 정일록, 차준석, 홍지형, 석광설, 이대균, 김정일
국립환경연구원 대기연구부 대기공학과

1. 서론

휘발성유기화합물질의 처리기술은 크게 열산화, 촉매산화 및 흡착등의 기술과 비교적 최근에 활발히 연구가 진행되고 있는 바이오필터, 전자빔, 플라즈마, UV 산화, 플라즈마-촉매등의 기술이 있다. 휘발성 유기화합물질의 배출원은 매우 다양하나 국내의 경우 대규모의 도장시설이나 석유화학시설등 대형배출원의 경우에는 거의 대부분 열산화, 촉매산화, 흡착등의 기술이 적용되어 사용하고 있다. 한편, 국내에는 휘발성유기화합물질 규제대상 업종으로 중·소규모의 배출시설도 많이 있으며 이러한 시설들에 적용하기 위해 현재 여러종류의 새로운 기술들이 연구개발중이다. 중·소규모의 배출원을 대상으로 하여 개발중인 기술들의 개발동향, 장·단점, 기술별 비교 등은 여러 문헌에도 많이 소개되고 있으나 국내의 경우 현장의 배출시설에 설치되어 있는 각각의 처리기술들에 대한 처리효율등을 종합적으로 검토한 사례는 없었다. 본 연구에서는 장기간의 측정은 곤란하였으나 현장에 직접 설치되어 있는 각각의 기술들을 위주로 기술들의 특성과 처리효율등을 알아보았고 추후 각 기술들에 대한 적합한 배출시설에의 현장적용 가능성을 평가하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

휘발성유기화합물질의 처리기술들에 대한 원리 및 특성과약과 현재 중·소형 배출원에 적용되어 가동중인 처리기술들과 적용을 위해 연구개발중인 기술들을 대상으로 하여 배출농도 및 처리효율을 측정하였다. 방지시설의 처리효율을 알아보기 위해 휴대용 VOC 측정기(FID, PID)를 이용하여 총탄화수소 농도로 측정하였으며 물질별 배출농도 및 처리효율을 알아보기 위해 Tedlar bag을 이용하여 처리시설의 전·후단에서 일정유량으로 시료를 채취한 후 실험실에서 GC/FID, 휴대용 GC/MS를 이용하여 개별물질별 배출농도 및 처리효율을 측정하였다. 본 연구에서 조사한 기술들로는 biofiltration 기술, 활성탄흡착 및 연소기술, 전자빔 기술, 플라즈마-촉매 기술, 광촉매 산화 기술등이다.

3. 연구 결과

Biofiltration 기술은 현재 악취·VOC 처리에 국내·외적으로 가장 많은 연구가 이루어지고 있는 기술로서 미국, 독일 등에서 오래전에 상용화 플랜트가 가동중에 있고, 국내에도 하수처리장 악취처리, 도장시설 VOC 처리 등에 설치 가동 중에 있다. VOC 처리용으로는 국내의 한 페인트회사에 대규모로 설치 가동 중인데 설치비, 운영비등은 기존기술에 비해 유리하고, 처리효율도 높으나, 부하증가로 인한 담체의 막힘현상, 온·습도의 조절 등 시스템의 안정성문제가 이 기술의 큰 관건이다. 제조공정전체를 2대의 송풍기를 이용하여 방지시설로 유입하기 때문에 유입 농도의 변화가 크고, 외부공기의 유입으로 처리시설의 유입부 농도가 낮게 나타났으며 처리유량이 너무 크기 때문에 소규모의 biofilter 처리시설에 비해서는 제거효율이 다소 낮은 것으로 조사되었다.

활성탄흡착후 연소를 이용하여 휘발성유기화합물질을 처리하는 기술은 현재 많은 기관에서 연구가 진행되고 있으며, 자동차 정비업소의 도장시설에 소규모로 적용되어 가동중에 있는 시설도 많이 있다. 조사한 시설의 경우 처리유량은 약 15,000 m³/hr 이었으며, 활성탄흡착만을 사용하였을때의 제거효율에 비해 흡착된 VOC를 탈착하여 연소시킨 경우에는 매우 높은 제거효율을 나타내고 있다.

휘발성유기화합물질 처리를 위한 전자빔 기술은 현재 국내에 1 MV 규모의 plant가 설치되어 가동중인데 이 기술은 power가 매우 커서, 반응시간이 매우 짧아 처리효율이 높으며, 특히 염소계열 VOC의

처리효율이 매우 높다. 초기 설치비용이 많이 들고, 운영비는 크게 들지 않는 기술이므로 중·소형의 배출시설보다는 중·대형의 배출시설에 설치하는 것이 유리하다고 판단된다. TCE, PCE, Xylene에 대한 표준가스를 만들어 전자빔 조사 전·후의 농도를 GC로 분석해 본 결과 3가지 물질 모두 매우 높은 제거효율을 나타내고 있지만, 유입부에는 없는 VOC 물질이 유출부에서 검출되어 총탄화수소로 측정된 제거효율은 GC로 측정한 효율에 비해 다소 낮게 나타났다.

플라즈마·촉매기술은 기존의 플라즈마기술에 촉매기능을 부가하여 효율을 상승시키고자 하는 기술로 촉매의 적절한 선택이 매우 중요하고, 처리효율은 처리유량과 공급되는 power에 크게 의존하고 있었다. Toluene을 시험대상물질로 하여 시간에 따라 유입전·후 농도를 측정하여 본 결과, 최소 운전조건에서 시작하여 시간이 증가함에 따라 효율이 계속 증가함을 보여주었고, 적절한 촉매의 사용과 또한 전력의 증가에 의해 처리효율은 크게 상승하는 것으로 보여진다.

광촉매를 이용한 휘발성유기화합물질 처리용 UV 산화 기술은 미국의 한 회사에서 1,200 m³/hr 용량으로 상용화하여 가동중이며 현재 국내에도 소규모 용량의 pilot 장치가 설치되어 가동중이다. batch 형태의 VOCs 처리에는 효율적이거나, 처리유량이 큰 경우에는 광촉매와의 접촉시간 즉, 처리가스의 체류시간이 처리효율에 미치는 영향이 다른 기술에 비해서 큰 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 유해대기오염물질 배출원 적정관리방안 연구 (I), (II), 차준석 외, 1999, 2000
2. VOC 처리기술, 울산지역 환경기술개발센터, 이병규 외, 2000
3. 휘발성유기화합물질 방지기술 세미나집, 환경엽 외, 1996
4. Select the best VOC control strategy, Ruddy, E.N. and Carroll, Chem. Eng. Prog., July 1993
5. Control measures for emissions of volatile organic compounds from stationary sources, UNECE, 1991