

BC1) 휘발성유기화합물질 처리신기술의 현장 적용성 평가 Evaluation of Field Applicability for Emerging VOCs Control Technologies

김대곤, 차준석, 이덕길, 홍지형, 석광설, 이대균, 김정일
국립환경연구원 대기연구부 대기공학과

1. 서론

휘발성유기화합물질(VOC)에 대한 기존 처리기술들의 단점을 최소화하고, 경제성 면에서도 유리한 신기술에 대한 연구는 미국, 독일 등 선진국에서 시작되어 현재는 많은 국가들이 연구·개발에 박차를 가하고 있다. 국내에서의 VOC 처리신기술에 대한 연구는 약 3~5년 전부터 본격화되기 시작하여 현재 바이오필터, 전자빔, UV산화, 플라즈마-촉매, 분리막 등의 분야에서 소규모/대규모로 기술개발이 거의 완료되어 상용화 되었거나, 현장적용을 위해 연구·개발이 계속 추진되고 있다. 본 연구에서는 이러한 VOC 처리신기술의 연구개발 동향, 처리기술별 원리, 특징 및 장·단점 파악, 신기술(하이브리드 기술)들의 현장적용사례 조사와 현장측정 등과 같은 기술성 검토와 현장적용시의 설치비용, 운영비용 등과 같은 경제성 검토를 통하여 각 기술별 중·소형 배출원에의 현장적용가능성에 대해 평가하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 VOC 처리기술과 관련된 국·내외 연구자료를 수집, 조사 및 검토하였고 이를 토대로 기존 기술과 신기술을 구분하여 조사하였다. 기존 기술에 대하여는 기 연구된 자료를 바탕으로 정리하였고 신기술에 대하여는 가능한 현장 또는 실험실 규모로 설치된 시설의 조사를 통하여 장단점 및 특징을 파악하였다. 현장 조사에는 휴대용 THC 측정기, VOC 시료채취장치(테들라백), 휴대용 GC/MS등의 장치를 이용하여 신기술 적용 시설에서의 VOC 배출특성 조사를 통하여 기술성을 검토하였고, 아울러 설치 및 운영비 등과 같은 경제성 평가를 함께 실시하여 각 기술별 적용특성을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 광촉매를 이용한 UV 산화 기술은 설치비나 운전비는 비교적 저렴한 기술로서 저유량, 저·중농도에 적합한 것으로 나타났다. 촉매와의 접촉시간 즉, 처리가스의 체류시간이 처리효율에 미치는 영향이 다른 기술에 비해서 크며, 이에 따라 처리속도가 느린 편이다. 또한 처리물질 및 용량별로 차이는 있지만 처리효율은 약 76~95% 정도인 것으로 나타났다.

나. 전자빔 기술의 경우 반응시간이 극히 짧지만(10^{-8} ~ 10^{-1} 초) 대부분의 VOCs 처리효율이 높게 나타났으며 특히, 염소계 VOCs 처리의 경우 다른 기술에 비해 효율이 더 높은 것으로 나타났다. 이 기술은 초기 설치비용이 크고, 운영비는 비교적 적은 기술이므로 소형 배출시설보다는 중·대형배출시설에 적용하는 것이 유리한 것으로 나타났다.

다. 바이오필터 기술의 처리효율은 물질에 따라 86~88 % 정도로 조사되었다. 비교적 저렴한 운전비를 보였으며, 저농도에 적용하는 것이 유리한 기술로 평가되었다. 특히 이 기술은 운전조건변화에 민감하며, 독성물질에 대한 전처리가 필요하다.

라. 플라즈마·촉매기술의 경우 비교적 설치비 및 운영비가 저렴하고, 저유량과 저농도에 유리한 기술이다. 최소 운전조건에서의 처리효율은 약 87% 정도로 나타났으며, 전력을 증가시킴에 따라 약 90% 이상까지 처리효율이 상승하는 것으로 나타났다. 효율은 처리유량과 power에 크게 의존하는 편이다.

마. 분리막·응축기술의 경우 외국에서는 상용화되어 설치·가동중이나 국내에서는 현재 실험실 규모로 개발중이며 처리용량은 약 $50 \ell / \text{min}$ ($3 \text{ m}^3 / \text{hr}$)로 매우 소규모이다. VOCs의 농도가 비교적 높은 곳에

유리하고 저유량에 적합한 기술이다. 또한 비교적 설치비나 운영비가 저렴한 기술로서 응축기 통과후의 처리효율은 60% 수준이며, 막분리장치 통과후의 최종처리효율은 90~95% 수준이다.

바. 활성탄흡착·연소 기술은 자동차 도장시설에 주로 적용되고 있었으며, 흡착후의 제거효율은 약 67%정도를 나타내고 있으며, 흡착된 VOC를 탈착하여 연소시키는 경우에는 95% 이상의 처리효율을 나타내고 있었다. 설치비 및 운영비는 저렴하지만 흡착 후 탈착 및 연소시 화재 등의 위험성이 있을 수 있다.

사. 흡착·바이오필터 기술의 경우 흡착 후 탈착되어 바이오필터로 유입시 배출가스가 고농도일 경우 처리효율이 떨어질 우려가 있으며, 바이오필터에서 VOCs가 처리되는 체류시간을 고려하여 탈착을 해야 하므로 연속적인 처리가 어렵다. 한편, 설치비가 흡착·연소기술에 비해서 다소 큰 것으로 나타났다.

아. 본 연구를 통해 조사된 신기술 및 하이브리드 기술들은 RTO 및 RCO 등과 같이 대형시설배출시설에 많이 적용된 기술에 비해 초기 투자비 및 총 운영비가 비교적 저렴하여 경제적인 측면에서 볼 때 대형배출시설보다는 중·소형 배출시설에 더욱 유리한 기술로 파악되어지며, 상용화될 경우 흡착, 흡수, 응축 등과 같은 기존의 처리기술을 대체할 충분한 잠재력이 있는 것으로 파악되었다. 다음 표에 각 처리기술들의 기술성 및 경제성 평가결과를 요약하였다.

Table 1. Evaluation of technical & economical feature

Technologies	Technical			Economical	
	장점	단점	효율	설치비	운영비
Thermal Incineration	-고농도 경제적 처리 -처리효율 매우 높음	-NOx, dioxin 발생 -설치 및 운전비 고가	◎	◎	◎
Catalytic Incineration	-저온운전(250~400℃) -처리효율 높음	-설치비, 촉매비용 고가 -촉매독 전처리 필요	◎	◎	◎
Adsorption	-운전조작 간편 -고품질의 부산물 회수	-폭발물질의 농축 위험 -시간에 따른 효율급감	○	△	△
UV Oxidation	-설치비, 운전비 저렴 -단속운전 가능	-처리속도 느림 -에너지효율 다소 낮음	○	△	△
Electron Beam	-처리시간이 매우 짧음 -운영비 저렴	-설치비가 매우 큼	◎	◎	×
Biofiltration	-운영비 비교적 저렴 -2차 처리 문제 없음	-운전조건변화에 민감 -독성물질 전처리 필요	○	○	△
Plasma/Catalyst	-설치, 운영비 저렴 -단속운전 가능	-처리유량과 power에 따라 효율 변화	○	△	△
Plasma/Scrubber	운영비 저렴	세정액오염 및 폐수처리	△	○	△
Adsorption/Combustion	-설치, 운영비 저렴 -흡착재 재사용	가열탈착시 화재위험	◎	×	△
Membrane/Condensation	-설치, 운영비 저렴 -회수기술	매우 낮은 농도처리시 비경제적	○	△	△
Adsorption/Biofiltration	-시너지효과 -고유량에 적합	-설치비가 다소 큼 -담체의 막힘현상 발생	△	○	○

※ ◎ : 아주 높음, ○ : 높음, △ : 보통, × : 낮음

참 고 문 헌

1. 도장시설에서의 VOCs 배출저감을 위한 세미나, 국립환경연구원 대기공학과(2001)
2. VOCs 방지기술 현황 및 적용사례, 한국환경정책·평가연구원, 한화진(1997)
3. 청정환경기술 WORKSHOP - 산업 현장의 악취·VOCs 물질 제거기술, 산업자원부 기술표준원(2001)
4. Survey of control technologies for low concentration organic vapor gas streams, Control Technology Center(1995)
5. USEPA, handbook : Control technologies for hazardous air pollutants, EPA(1991)
6. McGraw-Hill Handbooks, ODOR and VOC Control Handbook, Harold J. Rafson(1998)