

## PA31) 환경기초시설에서 유해대기오염물질의 배출 특성 연구

### Study of Hazardous Air Pollutants (HAPs) Emission Characteristics from Environmental Fundamental Facilities

동종인 · 갈경희 · 이종길 · 최은선 · 정봉진<sup>1)</sup> · 홍지형<sup>2)</sup> · 석광실<sup>2)</sup>

서울시립대학교 환경공학부, <sup>1)</sup>수원대학교, <sup>2)</sup>국립환경연구원 대기공학과

#### 1. 서 론

유해대기오염물질 (HAPs)은 그간 비기준 오염물질로 분류되어 관심이 소홀했었지만, 독성, 발암성, 생체 축적과 대기중 지속성, 확산 등의 특성으로 인해 대기 중에 오랜 기간 체류하면서 오존 또는 광화학 산화물 등 2차 오염물질을 생성하고 악취의 원인 물질로도 작용하며 미량으로 건강과 환경에 악영향을 미칠 수 있어 그 중요성이 커지고 있다. 국내에서는 현재까지 환경기준항목을 중심으로 한 규제대상 물질에 대하여 배출원 조사와 배출계수 도출을 위한 기초 연구 등에 주안점을 두어 왔다. 그러나 실제적으로 인체에 미치는 영향을 감안한다면 유해대기오염물질 (국내에서는 주로 특정대기유해물질로 규정되어 있음)에 의한 위해도는 매우 중요한 역할을 한다고 판단된다.

본 연구에서는 환경기초시설에서 발생하는 유해대기오염물질 배출량 산정방법을 조사하고 국내에서 가동되고 있는 환경기초시설에 대한 현황 및 제품 생산량, 공정현황 등을 분석하였으며 조사대상 시설 별로 유해대기오염물질의 배출원 조사를 수행하였다. 그동안 유해대기오염물질 관점에서 관리가 소홀했던 폐수 및 하수 처리장, 폐유 및 폐윤활유 정제시설 등에 대한 공정분석, 배출원에 대한 실측 등을 통해 VOCs와 악취물질 일부를 대상물질로 발생특성을 연구하였다.

#### 2. 연구 방법

##### 2.1 조사대상 시설 및 시료 채취방법

조사대상시설은 환경기초시설 중 폐수 및 하수 처리 시설 7개 시설과 폐유 · 폐윤활유 시설 6개 시설을 선정하여 각 시설별 공정특성에 따라 대표적인 2개 공정에서 시료를 채취하였다. 폐수처리장의 경우 공정에서 제조하는 제품에 따라 약간의 차이가 있긴 하지만 대부분 집수조 (유량조정조, 저류조), 1차 침전조, 유수 분리조, 공기가압 부상시설, 폭기조 등에서 HAPs이 배출가능성이 있는 것으로 조사되어 유수 분리조와 공기가압 부상시설을 시료채취 지점으로 선정하였다. 공단 폐수 종말처리장과 하수 종말처리장은 처리공정이 비슷하여 대부분 침사지와 최초 침전지에서 HAPs이 배출되므로 이 두 곳을 시료채취지점으로 선정하였으며 침출수 종말처리장에서는 유량조정조, 탈질/질산화조를 시료채취지점으로 하였다.

폐유 및 폐윤활유 정제시설은 각각의 공정 특성에 따라 저장탱크의 vent, 응축기의 vent, 소각로의 굴뚝 등의 다양한 HAPs 배출원이 존재하고, 그밖에 비산 배출원으로서 장치누출, 증류 및 전처리 공정 중에 폐기되는 슬러지 저장, 유기용제 입 · 출하 공정 등이 있다. 이온정제시설의 경우 주로 폐유 저장조, 제품저장조, 폐수 저장시설 등에서 HAPs의 배출이 예상되며 이 중에서 대표적인 공정으로 제품저장조 (vent)와 폐수저장시설을 채취지점으로 선정하였다. 고온 열분해시설과 감압증류시설에서는 열분해 장치 후단의 폐가스 소각로나 flare stack, 감압장치 후단의 폐가스 열분해로, 폐유 저장조, 제품 저장조, 컨덴서 등 중에서 고온 열분해시설의 열분해 장치 후단, 감압증류 시설의 증류장치 후단을 채취 지점으로 선정하여 채취하였다.

VOCs는 흡착관을 이용하여 150-400 ml/min의 유속으로 10-20분간 채취하였고 악취물질은 6L SilcoCanister를 사용하여 포집하였으며 Aldehyde는 LpDNPH cartridge를 이용하여 1L/min의 유속으로

10분간 채취하였다.

## 2. 2 조사대상 물질 분석방법

흡착관을 이용하여 시료를 채취해 온 VOCs를 극저온 농축방식으로 Aerotrapp (Tekmar 6000)내 glass bead trap에 농축(-55℃)한 후 cryo-focus 내에서 다시 저온 (-55℃) 농축하여 GC/MS에 주입하여 일정 온도 조건으로 분석하였다. Canister에 포집된 악취물질 (황화수소, 메틸메르캅탄, 황화이메틸, 이황화이메틸, 스틸렌)의 시료전처리는 Entech 7100 Preconcentrator를 이용하였다. 7100의 모듈 1(Empty trap)에서 차갑게 냉각시킴으로써 고체 상태로 바꾸고 모듈2 (Tenax trap)에서 -70℃까지 냉각시켜 시료를 흡착한 후 모듈3 (Cryo Focus)를 통과하여 농축되어 GC로 도입된 후 황화수소는 FPD로 메틸메르캅탄, 황화이메틸, 이황화이메틸, 스틸렌은 MSD로 검출하였다. 아세트알데히드와 포름알데히드 등의 Aldehyde의 경우 LpDNPH catradge를 이용하여 채취해 온 시료를 SPE (Solid Phase Extraction)하여 HPLC (Waters)를 이용하여 분석하였다.

## 2. 3 배출계수 산정방법

폐수 및 하수처리장의 배출계수 산정은 배출농도와 송풍량을 이용하여 HAPs 배출률을 구한 다음 이를 하폐수 처리량과 제품 생산량으로 각각 나누어 하폐수 처리량당 HAPs 배출계수와 제품 생산량당 HAPs 배출계수를 산정하였다. 또한 폭기조의 경우 시료채취 과정에 이용한 flux 챔버를 이용하여 단위 시간당 단위 면적당 HAPs의 배출량 즉, HAPs의 flux를 구하였다.

폐유 및 폐윤활유 정제시설의 배출계수 산정은 배출농도와 송풍량을 이용하여 HAPs 배출률을 구한 다음 이를 폐유 처리량과 제품 생산량으로 각각 나누어 폐유 처리량당 HAPs 배출계수와 제품 생산량당 HAPs 배출계수를 산정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

각 조사대상 폐수 및 하수처리장의 공정별 배출특성을 볼 때, 산업시설 및 공단폐수 종말처리장에서는 BTEX계의 방향족 화합물의 배출이 상대적으로 높았는데 특히 전 시설에서 Toluene의 배출이 많았고 다음으로 Ethylbenzene, Xylene의 배출농도 수준이 높았다. 공정별로 특징적인 사항은 페인트 제조 시설의 경우 Styrene의 배출수준이 높았고 석유정제시설, 합성수지 제조시설, 공단폐수 종말처리장, 침출수 종말처리장의 경우 황화합물로 주로 구성되는 악취물질의 배출수준이 높은 것을 알 수 있었다. 폐유 및 폐윤활유 정제시설의 공정별 배출 특성을 보면, 전반적으로 고온 공정으로 이루어지는 고온 열분해 시설 및 감압 증류 시설의 주 공정 후단부에서 발생하는 오염물질 수준이 상온의 이온 정제시설보다 고농도로 배출되고 있었다. 오염물질별로 볼 때 Toluene은 전체 공정에 가장 높게 검출되어 주요한 구성물질인 것을 알 수 있고 많은 공정에서 Freon, TCE, PCE 그리고 파라핀계 염소화합물이 상당수준 검출되었다.

## 참고 문헌

- U.S. EPA, Compilation of Air Pollution Emission Factors Vol. I (5th edition)
- U.S. EPA (1997) Procedures for Preparing Emission Factor Documents,
- Air & Waste Management Association (1995-1997) The Emission Inventory : Programs and Progress
- U.S. EPA AP-42, Fifth Edition, Volume I : Stationary Point and Area Sources