

2C4) 하수처리장 수면으로부터 배출되는 휘발성 HAPs의 flux 측정에 관한 연구

Measurements of Volatile HAPs Flux from Liquid Surface of Sewage Treatment Facilities

동종인 · 갈경희 · 엄진균 · 김현옥 · 조완근¹⁾ · 정봉진²⁾

서울시립대학교 환경공학부, ¹⁾경북대학교 환경공학과, ²⁾수원대학교 환경공학과

1. 서 론

VOCs를 포함한 휘발성 HAPs은 하수의 집수, 처리, 저장 시설의 하수 표면에서 유기화합물의 휘발을 통해 배출된다. 휘발성 HAPs의 배출은 확산이나 대류 메커니즘을 통해 일어나는데 확산은 하수 표면의 유기물 농도가 대기중 농도보다 높을 때 일어나고 유기물질들은 기액 평형상태에 도달하기 위해 대기중으로 휘발되거나 확산된다. 휘발 속도는 하수 표면 위의 대기 속도와 직접적으로 관련된다. 휘발 속도에 영향을 주는 다른 인자들로는 하수의 표면적, 온도, 혼합, 시스템내에서 하수의 체류시간, 하수내 유기물질의 농도 및 물리적 특성 (물에서의 휘발성, 확산도), 기름막과 같이 휘발을 방해하는 메커니즘, 생분해 (biodegradation)와 같은 경쟁 메커니즘 등이 있다.

VOCs 또는 Semi-VOCs는 하수처리장의 screen, 침사지, 침전조, 폭기조 등에서 광범위하게 배출되고 있다. 하수처리장에서 VOCs의 주 배출원은 생물학적 처리공정에서의 폭기조이다. 하수가 폭기조내에서 수리학적 체류시간으로 몇 시간 정도 체류하면서 포기된 공기와 함께 VOCs가 탈기 (air-stripping)되어 무방비 상태로 대기로 배출되고 있다.

집수, 처리, 저장 시스템의 설계 및 배치는 시설마다 다르므로 하수처리장에서의 휘발성 HAPs의 배출특성을 가장 정확하게 평가하는 방법은 시설을 직접 측정하는 방법이다. 플럭스 챔버를 이용하여 산정된 배출을 데이터는 단위 공정별 효율을 평가하거나 방지장치의 설계 등에 이용될 수 있고, 나아가서는 연간 HAPs 배출량을 알 수 있게 되므로 장기간의 대기질 영향을 평가할 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 하수처리장의 수면에서 비산 배출되는 VOCs를 포함한 휘발성 HAPs의 surface flux를 측정하고 배출특성을 파악하고자 하였다.

2. 연구 내용 및 방법

지면이나 수면으로부터 기체의 배출율을 측정하는 방법으로는 미기상학적 조건들을 이용하는 간접 측정방법과 플럭스 챔버를 이용하여 배출율을 직접 측정하는 직접 측정방법이 있다. 본 연구에서는 측정 장치의 구성과 설치, 운영이 비교적 간단하고 경제적이며 제한되고 좁은 지역에서 화학적 특성을 수면 배출량 변화와 효과적으로 관련지을 수 있는 장점이 있는 플럭스 챔버를 사용하여 조사하였다.

하수처리장의 수면에서 배출되는 휘발성 HAPs의 시료채취 및 surface flux를 측정하기 위하여 미국 EPA (1986)에서 제안한 플럭스 챔버 (Dynamic Flux Chamber)를 사용하였다. 상부 dome과 하부 원통 모두를 Stainless Steel로 제작한 후 불활성 재질인 테플론으로 코팅하고, 플럭스 챔버가 수면 위에 안정적으로 띄워질 수 있도록 챔버 하단부에 고무 튜브를 장착하였으며, 시료채취시 챔버의 내부 온도를 측정하기 위하여 챔버내에 thermocouple을 장착하였다. 그리고 흐름이 있는 수면에서 플럭스 챔버를 고정시켜 일정한 위치에서 채취되도록 제작하였다.

장치는 크게 기체 유입부, 챔버, 샘플링부의 세부분으로 구성된다. 플럭스 챔버의 용량은 30L이고, 하부 원통의 바닥면적은 0.130m²이다. 플럭스 챔버는 챔버의 원통하부가 수면에 잠기도록 설치하여 운전하였다. 시료채취를 위한 가스의 포집은 수면에서 발산되는 가스와 유입가스가 혼합되어 유출되는 가스를 채취하였다. 유입가스는 carrier gas로서 발산가스와 반응하지 않는 활성기체인 아르곤 (Ar) 가스를 사용하였고 유입속도는 5L/min으로 하였다. 또한 모든 tubing은 테플론 재질을 이용하여 샘플링시 흡착에 의한 오차를 최대한 줄이도록 하였다. 시료채취를 위한 유출가스 채취는 플럭스가 정상상태에 도달

한 후에 6L 용량의 Stainless Steel Silco Canister를 이용하였다. 다음 그림 1에 emission isolation flux chamber의 구조를 나타내었다.

시료의 전처리 및 분석을 위해 Entech 7100 Preconcentrator에 시료를 주입한 다음 glass bead 트랩이 들어있는 7100의 모듈 1에서 차갑게 냉각시킴으로써 고체 상태로 바꾸고 모듈 2에서 -70℃ 까지 냉각시켜 시료를 흡착한 후 모듈 3을 통과하며 농축되어 GC/MSD와 GC/FPD로 분석하였다.

플릭스 챔버를 이용한 휘발성 HAPs의 플릭스 계산은 다음과 같다.

$$E_i = Y_i \times Q/A$$

E_i : emission rate of component i (mass/area-time), Y_i : concentration of component i in the air flowing from the chamber (mass/volume), Q : flow rate of air into the chamber (volume/time),

A : surface area enclosed by the chamber (area)

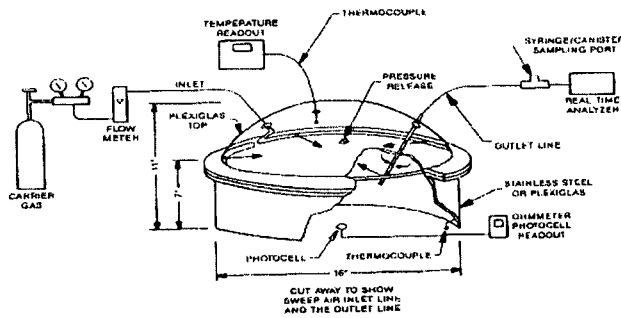


Fig. 1. Emission Isolation Flux Chamber의 구조.

3. 결과 및 고찰

하수처리장에서 배출되는 HAPs의 성분 및 농도 분포를 알아보기 위하여 예비 측정을 실시한 결과 최초 침전지의 경우 침사지와 유사한 성분들이 검출되었는데 그중에서 Toluene이 13.62~64.28 ppb로 가장 높게 나타났고, Benzene과 Ethylbenzene이 각각 2.28~2.82 ppb, 1.46~4.01 ppb로 나타났다. 그 밖에 Hydrogen Sulfide가 6.07~25.8 ppb의 농도를 나타내었으며, Acetaldehyde, Dimethyl Disulfide, Dimethyl Disulfide 등이 검출되었다. 폭기조에서도 Toluene이 3.28~10.36 ppb로 가장 높게 나타났고, Ethylbenzene은 1.79~3.68 ppb로 나타났으며 악취물질의 경우 Hydrogen Sulfide, Dimethyl Disulfide 등이 검출되었다.

사 사

본 연구는 환경부의 “차세대핵심환경기술개발사업 (Eco-technopia 21 project)”의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- U.S. EPA, Measurement of gaseous emission rates from land surface using an emission isolation flux chamber user's guide, 1986
- Arlene Whitmore, Richard L.Corsi (1994), Measurement of Gas-Liquid Mass Transfer Coefficients for Volatile Organic Compounds in Sewers, Environmental Progress, Vol.13(2), 114~123
- Richard L.Corsi, Daniel P.Y.Chang, Edward D. Schroeder (1992) A modeling approach for VOC emissions from sewers, Water Environment Research, Vol 64, 734~741