

## PB1) WATER 9 model을 이용한 하수처리시설의 대기오염 배출량 산정 연구

### A Study on the Estimation of Air Pollutant Emission from Municipal Wastewater Treatment Plant Using WATER 9 Model

이용기·이기종·장영기<sup>1)</sup>

경기도보건환경연구원 환경연구부, <sup>1)</sup>수원대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

대기오염물질의 종류는 수만 가지에 이르지만 이를 물질개별로 관리하기는 불가능하며 배출형태에 따라 적절한 방지시설을 설치하여 배출되는 대기오염물질을 최소한으로 줄이도록 대처해 나가고 있다. 최근에는 대기오염물질들의 종류도 많지만 과거 대기오염물질 배출시설로 규정하지 않았던 시설, 예를 들면 하수종말처리장 폐수처리장 등과 같은 수 처리시설이 대기오염물질을 다량으로 배출하여 주변 주민들의 민원이 날로 증가하고 있는 실정이다. 특히 생활하수를 처리하는 하수종말처리장은 생활이 경제적으로 윤택해지면서 물 사용량이 증가하고 우리나라 음식문화의 특성상 처리하기 힘든 생활하수의 배출 증가로 유역하천을 보호하기 위해 없어서는 안 될 중요한 환경기초시설임에도 불구하고 대체적으로 주거지역 인근에 자리 잡고 있어 주변민원이 매우 심각하다.

우리나라 전국의 하수처리장 현황을 보면 기초자치단체가 운영하는 100톤/일 이상만 보더라도 전국에 총242개소 이상이며 여기서 처리되어 방류되는 하수량은 17,841,848톤/일에 이르고 있다 (환경부 2004). 배출되는 대기오염물질의 종류도 악취물질을 중심으로 VOCs, 등 매우 다양한 수준에 있음에도 불구하고 수 처리시설에 대한 대기오염물질 Emission inventory는 전혀 이루어지지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 첫째 그동안 대기오염물질 배출시설로 규정하지 않았던 하수처리시설의 대기오염 배출량을 U.S. EPA에서 추천모델로 권장하고 있는 The Wastewater and Treatment Emission Routines(WATER 9 model)를 이용하여 산정하는 방법을 제시하였다. 둘째 WATER 9 model을 수행하여 산출된 배출량을 토대로 오염물질별 배출특성과 단위공정별 배출특성을 파악하여 오염방지 대책의 대안을 제시하고자 하였고, 셋째 closed flux chamber(CFC)를 이용한 실제측정 배출량으로 모델에 측 배출량을 비교평가 하였으며, 넷째 배출량에 가장 큰 영향을 미치는 인자에 의한 배출량 추정식을 산출하여 간편하고 신속한 배출량 산정법을 제시하고자 하였다.

#### 2. 연구 방법

##### 2.1 대상시설 및 분석방법

본 연구에서는 앞으로 계속하여 증가할 것으로 예상되는 고도처리 하수처리장을 대상 시설로 선정하였다. 하수처리장에서 발생하는 대기오염물질은 수중의 오염물질이 발산이나 휘발 등에 의하여 배출되므로 오염물질의 분석방법은 수중의 오염물질을 정확히 분석하는 것이 중요하다. 이에 본 연구의 대상오염물질 중 황 화합물계통은 일본악취방지법에서 사용하고 있는 Head Space - GC/PFPD법을 이용하였으며 VOCs 계통은 Purge & Trap - GC/FID법을 이용하였다.

##### 2.2 배출량산정방법

하수처리시설에서 발생하는 대기오염물질의 배출량산정은 WATER 9 (The Wastewater and treatment Emission Routines) MODEL을 사용하였다. WATER9는 유해폐기물처리 및 저장 처리시설에서 배출되는 대기오염물질에 대한 모델개발의 일환으로 U.S Environmental Protection Agency's의

Office of Air Quality Planning and Standards(대기질관리계획부서)에서 개발되었던 WATER8(The Wastewater Treatment Compound Property Processor and Air Emission Estimator program. version8)의 기능을 대폭 개선한 것으로 특히 생물학적처리 및 유기물의 슬러지 흡착현상을 추가하였으며 U.S EPA의 EIIP(Emission Inventory Improvement Program)에서는 폐수 및 하수처리시설에서 대기오염물질 배출량산정의 Preferred method로 WATER 9를 추천하고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

모델에서 요구하는 하수처리시설의 설계 인자와 실제 운전하고 있는 운전자료 그리고 측정당시의 기상자료 및 수중 오염물질 분석결과를 입력하여 얻은 오염물질의 대기 배출량은 다음과 같다. 표 1은 산정하고자 하는 물질들의 전체 물질수지를 나타낸 것이다. benzene을 비롯한 8개 오염물질의 전체 유입부하량은 연간 0.44 Mg이며 이 중에서 대기로 배출되는 양은 연간 0.32 Mg으로 유입량의 약 72%가 대기 중으로 배출되는 것으로 나타났다.

그림 1은 WATER 9 model을 수행하여 얻은 자료를 이용 하수처리장으로 유입된 각 오염물질의 물질전환을 나타낸 것이다. 대기배출량은 VOCs 보다는 Sulfur 화합물계통이 많은 것을 알 수 있었으며 저분자 황화합물 일수록 대기배출량이 많은 것으로 확인 되었다. 전체 유입부하량 대비 물질전환이 크게 나타나는 것은 황화합물의 경우 대기배출이며 VOCs의 경우 미생물에 의한 생물학적 분해체거로 나타나 방류수를 통한 유출이나 흡착되는 양은 매우 적은 것으로 나타났다.

Table 1. Material balance of air pollutants overall loading to system

Compound	Load (mg/s)	Air (mg/s)	Exit (mg/s)	Removal (mg/s)
Benzene	0.0361	0.0173	0.0004	0.0183
Dimethyl sulfide	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Dimethyl disulfide	1.4400	0.8748	0.0393	0.5250
Ethyl benzene	0.0240	0.0093	0.0021	0.0145
Hydrogen sulfide	8.7700	7.0600	0.1690	1.5400
Methyl mercaptan	1.9000	1.4700	0.0411	0.3900
Toluene	1.5600	0.0571	0.0112	0.9800
Xylene	0.0601	0.0256	0.0005	0.0339
Total air emission		0.32Mg/yr		
Total loading		0.44Mg/yr		
Total water flow		120.17 L/s		

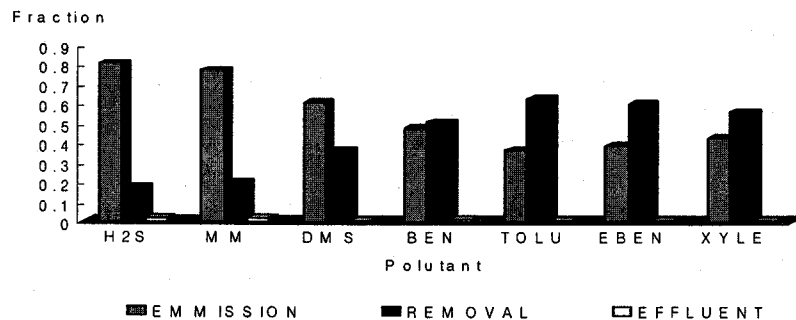


Fig. 1. Material conversion of pollutants introduced to sewage treatment plant

#### 참 고 문 헌

- 1) U.S. EPA, 1994, Air Emission Models for Waste and Wastewater, U.S. EPA Contract No. 68D10118, U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards.
- 2) U. S EPA, 2001, The Wastewater Treatment Compound Property Processor and Air Emissions Estimator program (WATER9), User's guide.