

2C1) WATER9을 이용한 산업폐수처리시설에서 배출되는 NMVOC 배출량 산출에 대한 연구

A Study on the NMVOC Emission from Industrial Wastewater Treatment Facilities using WATER9

송기봉 · 장영기 · 김관 · 정미숙 · ¹⁾이하영

수원대 환경공학과 · ¹⁾수원대학교 환경청정기술연구센터 중앙분석실

1. 서론

현재 미국, 캐나다 등 약 20여 국가에서는 유해화학물질 및 VOCs배출을 효과적으로 저감하기 위하여 각 사업장 및 시설별 배출량조사를 실시하고 있다. 우리나라는 1996년 OECD 가입과 동시에 리우 정상회담시 채택한 「유해화학물질 환경배출목록」 구축 프로그램 도입을 약속, 1999년 이후 매년 유해화학물질 배출량조사를 실시하고 있다. 이에 각 산업공정 및 시설별 유해물질 배출특성 및 기여도를 파악하여 배출저감 및 방지시설에 구축을 추진하는데 적극 참여할 필요성이 높아지고 있다.

이를 위하여 본 연구에서는 국내 산업분류별 폐수 발생량 자료를 토대로 업종별 폐수처리장 폐수 중에 NMVOC 함유농도를 분석하였으며 미국-EPA EIPP의 하·폐수처리시설에서의 배출량 산정 프로그램인 WATER9을 이용한 대기오염 배출량을 산출하였다.

2. 연구 방법

국내 산업분류별 폐수처리 방류량 자료(1998, 환경부)중 산업분류별 폐수 방류량이 많은 5개 산업분류(산업화학, 섬유산업, 제지산업, 식품산업 및 기타화학산업)를 선정 각 산업분류에 해당하는 사업장의 폐수 시료를 채취하였으며, 각 시료는 일본 배출수내 악취물질 정량방법인 Head-Space법을 이용하여 GC(MSD)를 통해 기체농도를 분석하여 액체농도를 산출하였고 산출식은 다음과 같다.

$$C_L = \frac{V_L + b \times V_g}{a \times V_L} \times C_h$$

$$a = \frac{T_R}{T} \times K_H$$

$$b = \frac{K_H P M_A}{RT} \times 10^{-3}$$

{	V_L = 시료수의 체적, ℓ V_g = 기체상의 체적, ℓ T_R = 바이엘병에 시료주입시 실내온도, K T = 항온조에 온도, K K_H = 헨리상수, ℓ / kg M_A = 분자량, g/mol P = 대기압, atm R = 기체상수, $0.082atm \cdot \ell / mol \cdot K$
---	---

3. NMVOC 배출량 산출 결과

산업분류별 폐수의 VOCs농도 측정결과는 표 1과 같다. 산업화학 및 섬유산업에서는 공정 특성 및 용재와 안료의 사용 등으로 방향족 유기화합물인 Benzene, Ethylbenzene, Toluene, Xylene의 농도가 특히 높게 나타났으며, 업종별 주요물질은 5개 업종 모두에서 염소계 유기화합물로 나타났다. 이러한 폐수 내에 NMVOC 물질 함유특성은 미국의 산업폐수의 특성조사 결과와 유사한 것을 알 수 있었다.

그리고 WATER9 입력자료 중 폐수처리시설에 관한 자료는 산업별 폐수 발생량 자료를 토대로 각 시설별 기본적인 default값으로 유추하여 사용하였고, 농도에 관한 자료는 각 물질별 폐수농도를 위 산출식을 통해 실측하여 입력하였으며, 결과 값은 NMVOC 총 배출량으로 합산하여 산출하면 표 2와 같다. 또한 각 산업분류별 배출되는 NMVOC의 물질별 구성비는 그림 1과 같다.

Table 1. The measured NMVOC concentration in the type of industrial wastewater.

Unit : ppbm

Compound	Chemical	Other chemical	Food	Fabric	Pulp & paper,	
					Tabacco	
Benzene	2.28	11.33	0.70	74.17	0.75	
Bromomethane	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
Tetrachloromethane	0.02	0.06	0.01	0.01	0.00	
Chlorobenzene	0.28	1.19	1.14	1.68	1.07	
Chloroethane	0.01	13.16	0.00	0.00	0.00	
Chloroethene	0.19	51.03	0.10	0.17	0.17	
Chloroform	2.42	3.32	3.00	3.40	4.12	
1,1-Dichloroethane	0.01	1.15	0.00	1.25	0.00	
1,2-Dichloroethane	0.61	94.15	1.44	2.66	1.44	
1,1-Dichloroethene	0.27	0.20	0.00	1.16	0.40	
cis-1,2-Dichloroethene	0.09	0.56	0.63	0.89	0.70	
1,2-Dichloropropane	0.08	0.20	0.93	0.04	0.91	
Ethylbenzene	79.05	2.11	1.08	65.47	2.17	
Trichlorofluoromethane	0.04	0.79	2.78	0.32	0.32	
Dichlorodifluoromethane	0.04	0.05	0.01	0.00	0.14	
Chloromethane	0.00	0.00	0.13	20.37	0.36	
Dichloromethane	5.94	4.80	5.59	7.98	2.99	
Styrene	0.00	0.00	0.00	304.12	0.00	
1,1,2,2-Tetrachloroethane	0.92	0.05	0.00	4.57	0.00	
Tetrachloroethene	0.03	0.06	0.02	3.72	1.09	
Toluene	42.70	8.44	1.80	150.60	2.23	
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	
1,1,2-Trichloroethane	0.00	1.11	0.00	1.67	0.00	
1,1,1-Trichloroethane	0.01	0.31	0.73	0.91	0.72	
Trichloroethene	0.10	0.30	1.06	4.04	1.07	
1,3,5-Trimethylbenzene	0.00	0.00	0.00	5.30	0.00	
Xylene	62.38	1.92	1.05	49.66	1.78	
1,2-Dichloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane	0.11	0.08	0.01	0.01	2.39	
1,2,4-Trimethylbenzene	0.00	0.00	0.00	13.15	0.00	
cis-1,3-Dichloropropene	0.01	0.02	0.00	1.25	0.01	
trans-1,3-Dichloropropene	0.00	0.07	0.00	0.83	0.00	

Table 2. Treated wastewater and a number of company by industrial categories.

Industrial categories	Number of company	Total flow rate of inlet wastewater treatment facilities (m ³ /day)	NMVOC Emission (ton/year)
Chemical Industry	552	225,864	15.32
Other chemical Industry	866	208,618	13.93
Food Industry	2,872	243,630	1.68
Fabric Industry	1,524	555,940	116.31
Pulp & paper, Tabacco Industry	309	760,376	4.47

자료 : 공장폐수의 발생과 처리 (1998, 환경부)

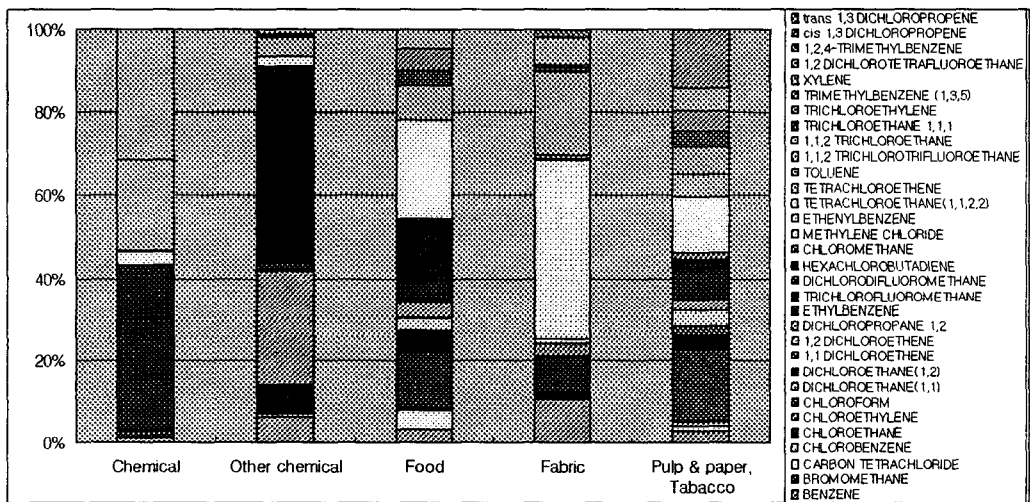


Fig. 1. The distribution of NMVOC concentrations in the type of industrial wastewater.

4. 결론

산업별 폐수 처리시설의 NMVOC 농도를 이용하여 폐수처리시설에서 발생하는 NMVOC 배출량을 미국 EPA의 배출량 산출모델 WATER9를 이용하여 산출하였다. 그 결과 섬유산업에서 116.3 ton/yr가 배출되며, 산업화학, 기타화학, 식품산업, 제지 및 담배산업에서 각각 15.32ton/yr, 13.93ton/yr, 1.68ton/yr, 4.47ton/yr가 각각 배출되는 것으로 나타났다.

그러나 본 연구에서는 산업분류별로 1개 사업장을 대상으로 배출량을 산정 하였으므로 본 실험결과가 해당 산업분류를 대표한다고 보기 어렵다. 또한 아직 고려하지 못한 폐수 발생량에 51%에 해당하는 타 산업분류의 배출량 산출 작업이 보완되어야 할 것이다.

참고 문헌

- U. S. EPA, The Wastewater Treatment Compound Property Processor and Air Emissions Estimator program (WATER9), User's guide. 2001. 2
- U. S. EPA, National Air Pollutant Emission Trends, 1900-1998, 2000. 5
- EMEP & CORINAIR, Atmospheric Emission Inventory Guidebook, Second edition. 1999. 9
- Task Force on Toxic Air Emissions from Wastewater Treatment Facilities, Toxic air emissions from wastewater treatment facilities, A special publication.
- 박상진 (1994) 배출수내 악취물질의 특성, 분석 및 제거방법, 환경관리연구소 첨단 환경기술 10월호