

# 하수슬러지의 지방족 할로젠화합물 흡탈착특성

김종오\* · Hsieh H.N.<sup>1</sup>

경상대학교 도시공학과 · <sup>1</sup>Dept. of Civil and Env. Eng. NJIT, USA

## 1. 서론

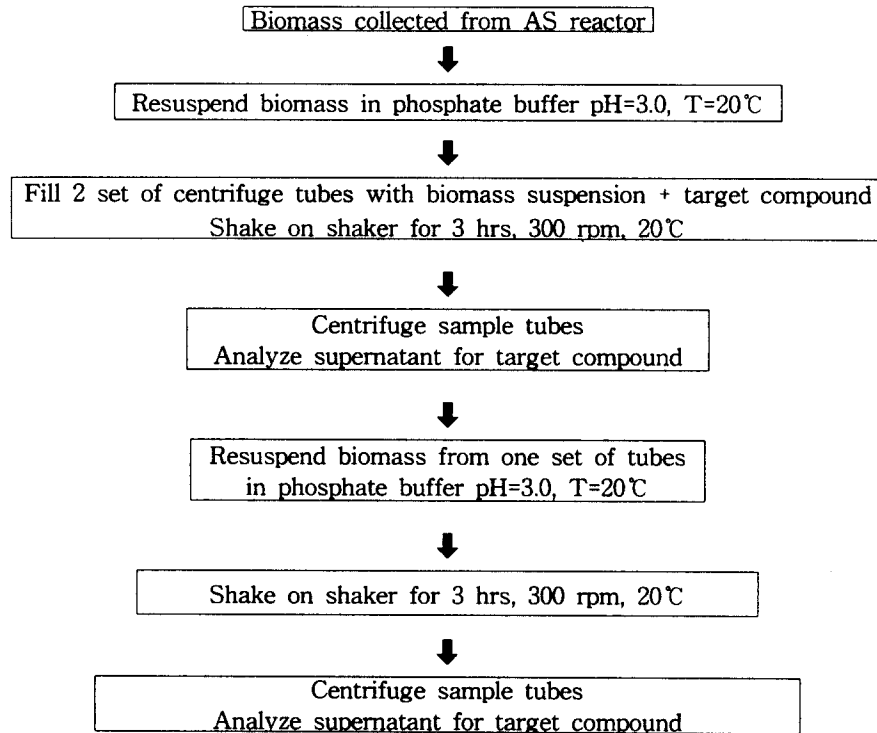
화학물질의 인체와 환경생태계에서 야기할 수 있는 유해성을 파악하고 적정하게 관리하기 위해서는 화학물질의 독성과 아울러 각종 이동경로에 관한 파악과 정량적인 분포특성자료가 필요하다. 하수처리장에는 일상생활이나 소규모 사업체에서 배출되는 다양한 유기독성오염물질이 유입될 수 있는데, 미국환경보호청에서 우선적인 오염물질(priority pollutants)로 설정하고 있는 유기오염물질이 하수처리장 유입수의 농도보다 몇배 높은 농도로 슬러지에 농축되었다는 신빙성 있는 보고들이 많이 있다. 이와같이 유기오염물질이 슬러지에 농축되는 현상은 흡착현상으로 파악되는데, 흡착현상의 가역성으로 인해 슬러지에 흡착된 유기오염물질이 적절한 조건에서 다시 탈착될 가능성이 있기 때문에 슬러지의 처리 및 처분시 문제가 될 수 있다. 이에 따라 슬러지의 유기독성물질 흡착특성에 대한 평가를 통해서 슬러지소화, 토지살포, 소각, 그리고 재활용 등의 슬러지의 처리과정에서의 유기독성물질 영향을 파악할 수 있게 된다. 그러나 실제 유기독성물질의 종류가 수천가지이상으로 다양하기 때문에 이들 모두에 대한 흡탈착특성을 실험을 통해 파악한다는 것은 시간적으로나 비용적으로 대단히 어려운 일이라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 하수처리장내에서 유기독성물질이 슬러지에 흡착 및 탈착되는 현상을 정량적으로 분석할 수 있는 실험분석체계를 확립한 후, 대표적인 유기독성물질에 대한 흡탈착실험을 통해 흡탈착계수를 제시하고자 하였다. 또한 실험을 통해 결정한 흡착계수를 여타 유기독성물질에 대한 흡착특성을 예측하기 위한 모델을 모색하여 하수처리과정에서 유기물질의 동태를 정량적으로 파악할 수 있도록 하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

입자크기 및 유기탄소함량 등의 실험조건을 균일화를 위해 소규모 활성슬러지 장치를 운전하면서 발생하는 슬러지를 이용하였다. 흡탈착 실험에 사용되

는 슬러지의 농도는 TOC를 기준으로 500 mg/L수준에서 실험을 실시하였다. 화학구조적 특성을 바탕으로 지방족 할로젠 화합물을 대표할 수 있도록 8종의 지방족 할로젠 화합물을 선정하여 실험을 실시하였다. 실험결과와 정밀도와 상호관계를 정량적으로 명확히 파악하기 위해 요인실험법을 도입하여 실험조건을 변화시켰다. 흡탈착특성 파악을 위한 실험절차는 <그림1>과 같다.



<그림1> 흡탈착특성분석을 위한 실험 절차

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 흡탈착실험 결과

흡탈착실험 결과는 다음의 <표1>과 같다.

<표1> 지방족 할로젠화합물의 흡탈착특성

Compound	Chemical Formula	Sorption Capacity(K <sup>1</sup> ), mg/g (Mean±SD <sup>2</sup> )	Fraction desorbed from Biomass <sup>3</sup> (Mean±SD)
Dichloromethane	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.08±0.08	- <sup>4</sup>
Trichloromethane	CHCl <sub>3</sub>	0.26±0.09	0.96±0.06
Trichlorofluoromethane	CCl <sub>3</sub> F	0.68±0.03	- <sup>4</sup>
Tetrachloroethane	CH <sub>2</sub> Cl-CHCl <sub>2</sub>	4.40±0.02	1.00±0.06
Bromoethane	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> Br	0.11±0.06	0.99±0.01
Dibromoethane	CH <sub>3</sub> -CHBr <sub>2</sub>	0.51±0.05	0.98±0.12
Chloropropane	CH <sub>3</sub> -CHCl-CH <sub>3</sub>	0.50±0.05	0.95±0.03
Bromobutane	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Br	2.77±0.10	0.96±0.07

1 K = 흡착계수

2 SD = Standard deviation

3 평형상태에서 Biomass중 농도와 탈착액중 농도의 비율

4 탈착액중 평형농도를 측정할 수 없었음

### 3.2 흡착특성값 예측

실험에 사용하지 않은 여타 지방족 할로젠 화합물의 화학구조적 특성에 따라 하수슬러지에 대한 흡착 특성을 예측할 수 있는 정량적 모델의 개발을 시도하였다. 현재까지 이루어진 슬러지의 유기독성물질에 대한 흡탈착현상을 예측하기 위한 모델에 대한 연구가 주로 용해도, 옥탄올-물 분배 계수, lipophilicity 등과 같은 실험적으로 결정되는 인자들을 이용하도록 구성되어 있기 때문에 부정확하고 예측결과를 설명하기 곤란하다는 단점을 갖고 있다. 본 연구에서는 슬러지의 유기독성물질의 슬러지에 대한 흡착특성을 예측하기 위한 모델을 개발하기 위한 방안으로, 이미 여러분야에서 활발하게 이용하고 있고 유용성이 입증되고 있는 분자연결지수(molecular connectivity indexes)를 적용하여 QSAR(Quantitative Structure Activity Relationship)에 기초한 모델을 시도하였다. 이를 위해 광범위한 유기화학물질의 분자연결지수값을 계산하여 흡착 특성값과의 상관관계를 분석하고 이를 바탕으로 선형회귀방정식을 도출할 수 있었으며 다른 연구결과와 비교할 때 흡착현상을 더욱 잘 설명하고 있음을 알 수 있었다.

## 4. 결론

활성슬러지 처리공정에서 발생하는 하수슬러지를 이용한 지방족 할로젠화합물의 흡탈착특성 연구를 위한 실험분석체계를 정립할 수 있었다. 실험실조건에서 슬러지의 흡착실험을 통해 얻어진 특성값을 이용하여 여타 지방족 할로젠화합물의 흡착특성값을 예측할 수 있었다.