

## 1C5) 공기부상 반응기 종류에 따른 휘발성유기화합물의 물질전달계수의 변화

### Effect of Mass Transfer Coefficients for Volatile Organic Carbons Depending on Air Bubble Reactor

남궁형규 · 신승규 · 하정협 · 황선진<sup>1)</sup> · 송지현

세종대학교 토목환경공학과, <sup>1)</sup>경희대학교 환경학 및 환경공학과

#### 1. 서 론

최근 산업의 발전과 더불어 발생하는 많은 대기 악취물질에 대해 관심이 매우 높아지고 있다. 따라서 악취물질을 배출하는 대부분의 사업장에서는 흡착, 수세, 회석 등의 물리화학적인 처리방법과, 약액흡수, 중화, 연소 등의 화학적인 처리방법, 그리고 바이오필터 등의 생물학적 처리방법 등을 이용하여 악취물질의 배출을 제어하고 있다. 하지만 대부분의 악취는 기체 상태로 발생하며, 액상을 이용한 다양한 처리 방법은 기-액간의 물질전달 효율에 따라 그 제거율에 많은 영향을 주게 된다(Lu et al., 2000). 또한 체류시간이 짧아지거나 고농도의 오염물질이 유입되는 경우, 기-액간의 물질전달에 한계를 보이게 된다. 이러한 처리방법중 공기부상 반응기는 기상으로 유입되는 악취의 생물학적, 물리적 처리뿐만 아니라, 미생물 배양 및 발효조 등의 다양한 산업 분야에서 사용되어지고 있지만(류희욱 등, 1994), 이 반응기 역시 기-액간의 물질전달에 매우 큰 영향을 받으며, 그 한계를 갖고 있다.

본 연구에서는 공기부상 반응기의 한계를 극복하기 위하여, 반응기의 구조와 유동상 물질의 적용 여부가 기상으로 유입되는 오염물질의 기-액간의 물질전달에 끼치는 영향을 확인하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서 사용된 반응기의 모식도와 실험장치를 그림 1에 나타내었으며, 반응기는 두 종류를 사용하였다. 반응기는 총 부피 2L에 유효부피를 1.3L로 운전한 원통형 공기부상 반응기(bubble column reactor)와 총 부피 3L에 유효부피를 2L로 운전한 직사각 기동형태의 공기부상 반응기(airlift loop reactor)를 운전하였다. 물질전달계수의 산정을 위해서 용존산소(DO)법을 이용하였으며, 초기 용존산소량은 질소가스(N<sub>2</sub>)를 이용하여 낮추어 주었으며, 공기 유입시 시간에 따른 용존산소 농도의 변화를 측정하였다. 원통형 공기부상반응기는 체류시간 60초로, airlift loop 반응기는 60초, 15초로 운전하여 체류시간에 따른 물질전달 변화와, 각 반응기에 GAC와 고분자 화합물을 적용하여 유동상 물질에 따른 기-액간의 물질전달계수 변화를 확인하였다.

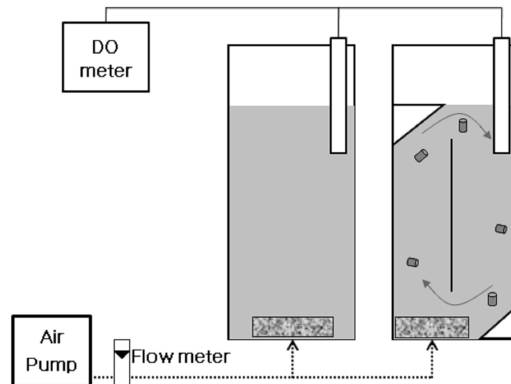


Fig. 1. Schematic diagram of the reactor used in this study.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 반응기와 유동상 물질의 종류에 따른 물질전달계수를 확인하고자 하였으며, 그 결과를 다음 그림 2에 나타내었다. 체류시간 60초에서의 원통형 공기부상 반응기와 airlift loop 반응기의 산소 물질전달계수( $K_{LaOxygen}$ )는 각각  $0.5241, 1.0402\text{min}^{-1}$ 으로 확인되었다. 여기서 원통형 반응기보다 airlift 반응기가 기상으로 유입되는 오염물질의 기-액 전달에 더 유리한 것을 확인할 수 있다. 또한 원통형 반응기에 GAC를 첨가하여 물질전달계수를 확인한 결과,  $0.6557\text{min}^{-1}$ 으로 확인됨으로써 GAC의 첨가가 물질전달에 더 유리한 것을 확인할 수 있었으며, 이와 유사하게 airlift loop 반응기의 체류시간 15초에서 고분자 화합물 적용 전·후의 물질전달계수는  $1.9965\text{min}^{-1}$ 와  $6.3129\text{min}^{-1}$ 으로 확인할 수 있었다.

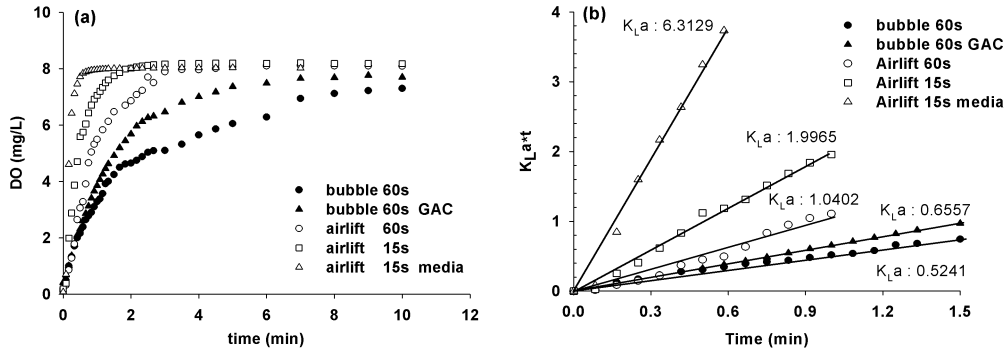


Fig. 2. (a) Dissolved Oxygen concentration (b) Oxygen transfer with and without media at different reactor and EBRTs.

이와 같은 용존산소 물질전달계수로부터 환산식을 이용하여 휘발성유기화합물의 물질전달계수를 환산할 수 있으며, 식 (1)에 나타내었다.

$$[K_{La}]_{VOCs} = \left[ \frac{D_{VOCs}}{D_{Oxygen}} \right]^n \times [K_{La}]_{Oxygen} \quad (1)$$

여기서,  $D_{VOCs}$ 는 VOCs 확산계수( $\text{cm}^2/\text{sec}$ ),  $D_{Oxygen}$ 은 산소 확산계수( $\text{cm}^2/\text{sec}$ ),  $(K_{La})_{VOCs}$ 은 VOCs 물질전달계수( $\text{min}^{-1}$ ),  $n$ 은 각 VOCs별 환산계수.

이 식을 통해 톨루엔의 물질전달계수 값을 추정하면, 체류시간 60초에서 원통형 반응기와 airlift 반응기에서 각각  $0.338\text{min}^{-1}, 0.67\text{min}^{-1}$ 으로 airlift 반응기의 물질전달계수 값이 두 배정도 높은 것으로 확인된다. 또한 airlift 반응기의 체류시간 15초에서 유동상 물질의 첨가여부에 따른 톨루엔의 물질전달계수 값은 각각  $1.285\text{min}^{-1}, 4.066\text{min}^{-1}$ 으로 확인되었고, 이것은 유동상 물질을 적용하지 않았을 경우보다 3배 이상 증가한 값으로써, 유동상 물질의 적용이 기상으로 유입되는 오염물질의 기-액 전달에 유리하게 작용함을 확인할 수 있었다.

### 사 사

본 연구는 환경부의 “차세대핵심환경기술개발사업(Eco-technopia 21 project)”으로 지원받은 과제입니다.

### 참 고 문 헌

- 류희욱, 장용근, 김상돈 (1994) Airlift 생물반응기, 한국생물공학회지, 9(4), 347-364.  
 Lu, X., J. Ding, Y. Wang, and J. Shi (2000) Comparison of the hydrodynamics and mass transfer characteristics of a modified square airlift reactor with common airlift reactors, Chem. Eng. Sci., 55, 2257-2263.