

## PH5) 활성탄 고정층 반응기에서 벤젠과 톨루엔, 벤젠과 아세톤으로 구성된 이성분계 혼합가스의 극성에 따른 흡착특성 비교

김효원\*, 이송우, 감상규<sup>1</sup>, 이민규

부경대학교 응용화학공학부, <sup>1</sup>제주대학교 토목환경공학부

### 1. 서 론

산업현장에서 배출되는 휘발성 유기화합물(VOCs)은 고분자의 용해, 인조피혁, 인쇄, 페인트, 그리고 필름 코팅 등 광범위한 분야에서 사용되며, 여기서 배출되는 VOCs는 에너지 손실과 제품의 생산원가를 높일 뿐만 아니라 인체 장애의 심각한 원인이 되고 있다(Lim et al., 2005). VOCs를 처리하기 위한 방법에는 여러 기술이 있지만 흡착기술이 가장 유리한 기술이라 할 수 있으며, 농도가 극히 낮을 때에는 95~99% 이상의 높은 제거효율을 보일 뿐만 아니라, 흡착제로부터 분리가 가능하므로 용매 회수 측면에서 그 효과가 우수하다(Kim et al., 2001). 그 중에서 활성탄은 오염물질을 흡착하여 처리하는데 오래 전부터 사용하여 왔고, 최근에는 고도처리의 중요성이 강조되면서 활성탄의 사용이 급증하고 있는 실정이다(Kim et al., 2000). 활성탄을 흡착제로 사용하여 기상의 VOCs를 흡착하는 연구가 많은 연구자들에게 의해서 수행되어 왔지만, 지금까지의 흡착연구는 대부분 단일 흡착질에 대한 것이 주종을 이루고 있다(Kim et al., 2002). 최근 들어 활성탄 고정층 반응기를 사용한 이성분 혹은 삼성분의 혼합가스에 대한 파과특성 연구가 활발히 보고되고 있지만(Kim et al., 2003), 이성분계 경우 극성물질과 비극성물질, 비극성물질과 비극성물질의 극성차이에 따른 이성분 파과특성 및 흡착능을 비교한 연구는 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 활성탄을 흡착제로 사용하여 비극성물질인 benzene과 toluene의 혼합가스와 극성물질인 acetone과 비극성물질인 benzene의 혼합가스를 사용하여 흡착특성을 고찰하였다.

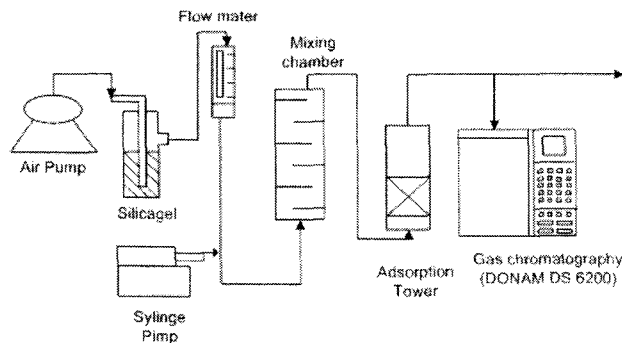


Fig. 1. Schematic diagram of adsorption system.

## 2. 재료 및 실험 방법

흡착질은 ketone계 극성물질인 acetone, 그리고 방향족 비극성물질인 benzene과 toluene을 사용하였으며, Junsei 1급시약을 사용하였다. 흡착제는 Westvaco사에서 제조한 활성탄을 사용하였으며, 사용된 활성탄의 BET 비표면적(specific surface area)은  $1,260 \text{ m}^2/\text{g}$ , 누적표면적(cumulative surface area)은  $3,092 \text{ m}^2/\text{g}$ , 누적세공부피(cumulative pore volume)는  $0.8698 \text{ cm}^3/\text{g}$ , 그리고 총 세공부피(single point total pore volume)는  $0.967 \text{ cm}^3/\text{g}$  이었다. 실험에 사용한 흡착장치는 Fig. 1과 같으며, 반응기는 내경 16 mm, 외경 20 mm, 그리고 높이 250 mm인 Pyrex 유리관을 사용하였다. 실험온도는  $20^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지하여 운전하였으며, 일정유량으로 유입되는 액상의 acetone, benzene 그리고 toluene에 수분을 제거시킨 건조공기를 주입하여 기화시킴으로써 가스를 제조하였다. 기화된 각 성분의 가스는 mixing chamber를 통과시켜 공기와 충분히 혼합되게 한 후 혼합된 가스는 반응기의 하부로 유입시켜 상부로 배출되게 하였다. 반응기의 유출부를 6-port valve가 장착된 Gas Chromatography (Donam, DS-6200)의 injection port에 연결하여 일정시간 간격으로 가스의 농도를 자동으로 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 단일성분가스의 흡착특성

Acetone, benzene, 그리고 toluene 단일성분가스 각각의 파과특성을 살펴보기 위하여 각 성분의 농도는  $8.93 \text{ mmol}/\text{m}^3$ , 유량은  $4 \text{ L}/\text{min}$ , 활성탄의 양은  $2 \text{ g}$ 으로 하여 운전한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 파과곡선에서 유출농도가 유입농도의 10%되는 점을 파과시간( $t_b$ )으로 정의할 때, acetone의 파과시간은 25 min, benzene은 40 min, toluene은 75 min이었다. 각 물질의 흡착량은 acetone이  $1.14 \text{ mmol}/\text{g}$ , benzene과 toluene은 각각  $1.35 \text{ mmol}/\text{g}$  및  $2.27 \text{ mmol}/\text{g}$ 이었다.

### 3.2. 이성분 혼합가스의 흡착특성

#### 3.2.1. 비극성물질 benzene과 toluene의 혼합가스의 평형흡착량 비교

Fig. 3은 방향족 비극성물질인 benzene과 toluene 혼합가스의 평형흡착량을 비교한 도표이다. 혼합가스의 농도는 단일성분가스와 동일하게  $8.93 \text{ mmol}/\text{m}^3$ 으로 일정하게 하고, benzene의 몰분율을 0.5, 0.75, 1.0으로 변화시켜 수행하였다. Benzene의 몰분율이 0.5에서 0.75로 증가함에 따라 benzene의 흡착량은 증가하고 toluene의 흡착량은 감소하였으며, 총 흡착량은 감소하였다.

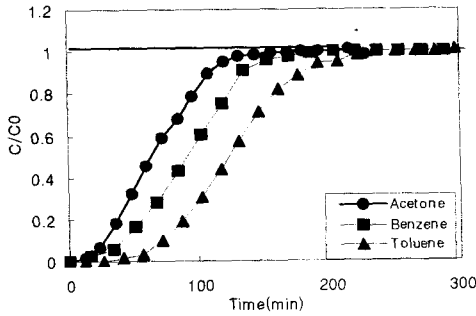


Fig. 2. Comparison of breakthrough curves for single component of acetone, toluene and benzene (initial concentration: 8.93 mmol/m<sup>3</sup>, flow rate : 4 L/min, activated carbon : 2 g, temperature : 20°C).

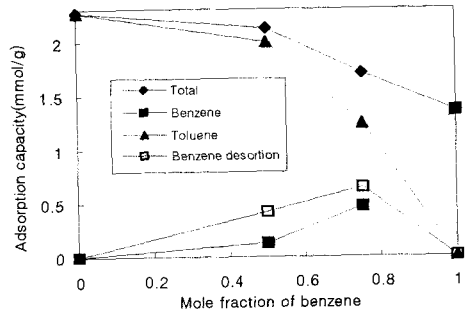


Fig. 3. Comparison of equilibrium adsorption capacities for binary system of benzene and toluene (total concentration 8.93 mmol/m<sup>3</sup>, flow rate : 4 L/min, activated carbon : 2 g, temperature : 20°C).

### 3.2.2. 극성물질 acetone과 비극성물질 benzene 혼합가스의 평형흡착량 비교

Fig. 4는 ketone계 극성물질인 acetone과 방향족 비극성물질인 benzene 혼합가스의 평형 흡착량을 비교한 도표이다. 혼합기체의 농도는 8.93 mmol/m<sup>3</sup>으로 하여 운전하였으며, benzene의 몰분율을 0.25, 0.5, 1.0으로 변화시켜 수행하였다. 또한 benzene의 몰분율이 0.25에서 0.5로 증가함에 따라 benzene의 흡착량은 증가하고, acetone의 흡착량은 감소하였으며, Fig. 3과는 반대로 총 흡착량은 증가하였다.

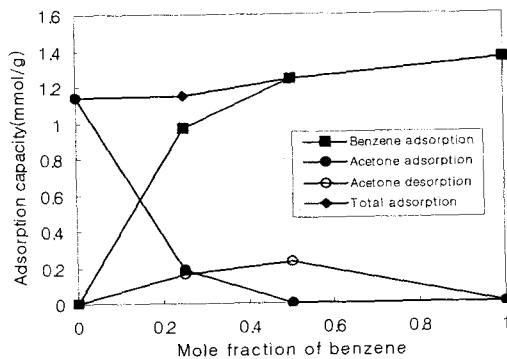


Fig. 4. Comparison of equilibrium adsorption capacities for binary system of acetone and benzene (total concentration 8.93 mmol/m<sup>3</sup>, flow rate : 4 L/min, activated carbon : 2 g, temperature : 20°C).

### 참 고 문 헌

- Kim, S. J, S. Y. Cho and T. Y. Kim, 2002, Adsorption of chlorinated volatile organic components in a fixed bed of activated carbon, 19, 61-67.
- Kim, S. D. and W. J. Oh, 2000, Mathematical modelling of phenol desorption from spent

- activated carbon by acetone, 22, 2115-2123.
- Kim, H. S., Y. S. Park and B. M. Min, 2001, Adsorption characteristics of benzene at the fixed-bed adsorption column, 23, 1979-1988.
- Kim, H. S. and Y. S. Park, 2003, Binary component adsorption characteristics of benzene and toluene at the fixed bed adsorption column with activated carbon, J. KENSS, 25, 977-983.
- Park, J. T., J. S. Kim, K. H. Chung, H. Moon and S. Gon, 1994, Gaseous adsorption properties of n- hexane, methylethylketone and toluene on granular activated carbon, HWAHAK KONGHAK, 31, 476-482.
- Lim, J. K., S. W. Lee, S. K. Kam, D. W. Lee and M. G. Lee, 2005, Adsorption characteristics of toluene vapor in fixed-bed activated carbon column, J. KENSS, 14, 61-69.