

## PH6)                   활성탄 고정층 반응기에서 Acetone, Benzene                           및 Toluene으로 구성된 이성분계 혼합가스                           흡착특성

김효원\*, 이송우, 감상규<sup>1</sup>, 이민규

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

### 1. 서   론

대규모 공장은 값비싼 용매를 회수하기 위해 흡착탑을 이용한 용매회수를 운용해 왔으나, 소규모 공장은 상대적으로 사용량이 적고 용매회수의 경제적 가치가 낮아서 회수장치를 운전하지 않는 경우가 많다. 최근 환경오염에 대한 관심이 높아지고 작업환경에 대한 법적규제가 엄격해 지면서 용매회수의 경제적 가치가 상대적으로 높아져서, 소규모 제조공정에서도 용매회수의 필요성이 증대되었다(Park et al., 1994). 각종 산업현장에서 사용되는 휘발성 유기화합물(Volatile organic compound, VOCs)은 조업 중 휘발되어 덕트를 통해 대기로 배출된다. 이렇게 배출되는 VOCs는 에너지 손실과 제품의 생산원가를 높일 뿐만 아니라 인체 장애의 심각한 원인이 되고 있다(Lim et al., 2005). VOCs를 처리하기 위한 방법에서 흡착기술이 가장 유리한 기술이라 할 수 있으며, 그 중에서 활성탄은 탁월한 흡착력 때문에 여러 산업분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 오염물질을 처리에 활성탄은 오래 전부터 사용되어 왔고, 최근에는 고도처리의 중요성이 강조되면서 활성탄 사용이 급증하고 있는 실정이다(Kim et al., 2000). 활성탄을 흡착제로 사용하여 기상의 VOCs를 흡착하는 연구가 많은 연구자들에 의해서 수행되어 왔지만, 지금까지는 단일 및 혼합성분계에서 유속, 농도, 물분을 그리고 활성탄의 총 세공의 부피 등에 따른 파과특성과 흡착능 비교에 관한 연구가 대부분이었다. 이에 반해 이성분계에서 활성탄의 비표면적에 따른 파과특성과 흡착능에 대해 비교한 연구는 많지 않다. 따라서 본 연구는 비표면적이 다른 활성탄을 사용하여 benzene과 toluene, 그리고 benzene과 acetone으로 구성된 혼합가스에서 파과특성을 고찰하였다.

### 2. 실험 재료 및 방법

흡착제는 Calgon사에서 제조한 입상 활성탄(CAL)과 Westvaco사에서 제조한 입상 활성탄(WES)을 사용하였으며, 활성탄은 8~16mesh의 일정한 크기로 분쇄한 후 100℃에서 12시간 건조하여 사용하였다. 사용된 활성탄의 물성치는 Table 1과 같다. 흡착질은 acetone, benzene, 그리고 toluene을 사용하였고, Junsei 1급시약을 사용하였다. 반응기는 내경 16 mm, 외경 20 mm, 그리고 높이 250 mm인 Pyrex 유리관을 사용하였으며, 실험온도는 20℃로 일정하게 유지하여 운전하였다. 혼합된 가스는 반응기의 하부로 유입시켜 상부로 배출되게 하였다. 가스농도는 Gas Chromatography(Donam, DS-6200)를 이용하여 일정한 시간 간격으로 분석하였다.

Table 1. Characteristics of activated carbon used

Properties	CAL	WES
Particle size(mesh)	8~16	8~16
BET specific surface area(m <sup>2</sup> /g)	1,242	1,260
Total cumulative surface area(m <sup>2</sup> /g)	4,101	3,092
Single point total pore volume(cm <sup>3</sup> /g)	0.613	0.967
Average pore diameter(Å)	19	31

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 단일성분가스의 파과특성 비교

Acetone, benzene, 그리고 toluene 단일성분가스에 대한 파과특성을 살펴보기 위하여 각 성분의 농도는 8.93 mmol/m<sup>3</sup>, 유량은 4 L/min, 활성탄은 2 g으로 하여 운전한 결과를 Fig. 1과 2에 나타내었다. Fig. 1와 2의 파과곡선에서 유출농도가 유입농도의 10%되는 점을 파과 시간(t<sub>b</sub>)으로 정의하고, 활성탄의 종류에 따른 흡착질의 t<sub>b</sub>와 평형흡착량을 Table 2에 나타내었다. CAL는 총 누적표면적이 4,101 m<sup>2</sup>/g, WES는 3,092 m<sup>2</sup>/g 으로 총 누적표면적이 큰 CAL가 WES에 비하여 VOCs에 대한 흡착능이 큰 것으로 나타났다.

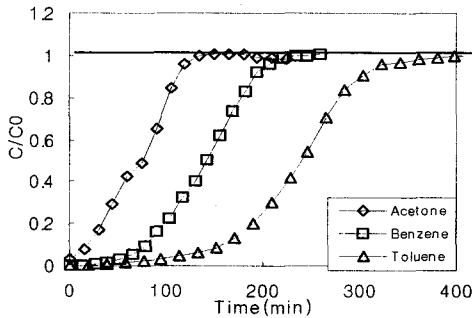


Fig. 1. Comparison of breakthrough curves of single component of acetone, benzene, and toluene on CAL activated carbon (concentration : 8.93 mmol/m<sup>3</sup>, flow rate : 4 L/min, CAL : 2 g, temperature : 20°C).

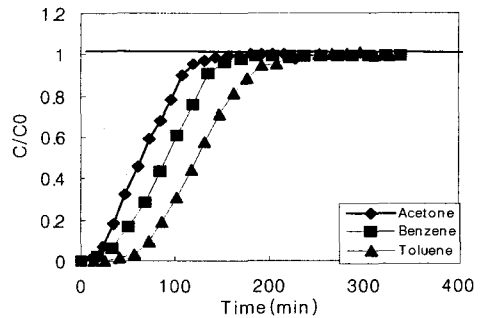


Fig. 2. Comparison of breakthrough curves of single component of acetone, benzene, and toluene on WES activated carbon (concentration : 8.93 mmol/m<sup>3</sup>, flow rate : 4 L/min, WES : 2 g, temperature : 20°C).

Table 2. Comparison of equilibrium adsorption capacity of acetone, benzene, according to activated carbon(concentration : 8.93 mmol/m<sup>3</sup>, flow rate : 4 L/min, CAL : 2 g, temperature : 20°C).

Component	Equilibrium adsorption capacity(mmol/g)	
	CAL	WES
Acetone	1.23	1.14
Benzene	2.56	1.35
Toluene	3.47	2.27

### 3.2. 이성분 혼합가스의 파과특성 비교

Fig. 3은 benzene과 toluene의 혼합가스에 대한 파과곡선이다. 혼합성분가스의 농도는 benzene 4.47 mmol/m<sup>3</sup>, toluene 4.47 mmol/m<sup>3</sup>으로 일정하게 유지하여 실험을 수행하였다. Fig 3에서 보여지는 바와 같이 benzene과 toluene 혼합가스에서 toluene의 파과곡선은 toluene 단일가스의 경우와 마찬가지로 s자형의 파과곡선을 나타내었다. 그러나 benzene의 파과곡선은 benzene 단일가스의 경우와는 다르게 흡착시간이 경과함에 따라 유출농도가 서서히 증가하다가 CAL 활성탄의 경우 약 200 min, WES 활성탄의 경우는 약 150 min에서 유입농도와 같아진 후부터는 유출농도가 유입농도보다 더 높은 값을 가지는 overshoot 현상을 보였다(Kim et al., 2003, Park et al., 1994). 흡착가스의 경우로 단일성분가스와 마찬가지로 총 누적표면적이 큰 CAL 활성탄이 WES 활성탄보다 흡착능 증가하였다.

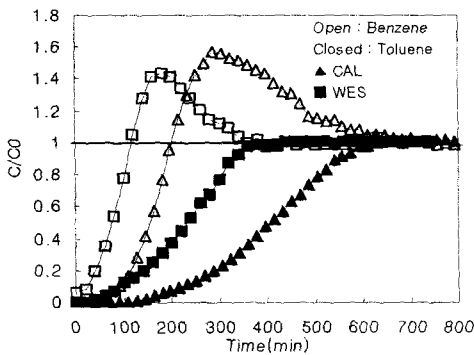


Fig 3. Comparison of breakthrough curves of binary system of benzene and toluene on CAL and WES (total concentration 8.93 mmol/m<sup>3</sup>, flow rate:4 L/min, activate carbon :2 g, temperature:20 °C).

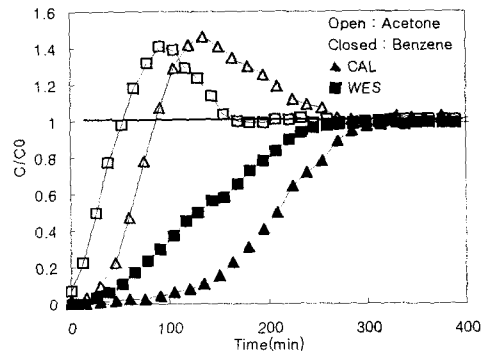


Fig 4. Comparison of breakthrough curves of binary system of acetone and benzene on CAL and WES (total concentration is 8.93 mmol/ m<sup>3</sup>, flow rate:4 L/min, activated carbon:2 g, temperature:20 °C).

Fig. 4는 acetone과 benzene의 혼합기체에 대한 파과특성을 살펴본 그림이다. 혼합성분가스의 농도는 8.93 mmol/m<sup>3</sup>으로 일정하게 해서 운전하였다. Fig 4에서 보면 acetone과 benzene 혼합가스에서 benzene의 파과곡선은 benzene 단일가스의 경우와 마찬가지로 s자형의 파과곡선을 나타내었으나, acetone의 파과곡선은 acetone 단일가스의 경우와는 다르게 흡착시간이 경과함에 따라 유출농도가 서서히 증가하다가 CAL 활성탄의 경우는 약 100 min, WES 활성탄은 약 50 min에서 유입농도와 같아진 후부터는 유출농도가 유입농도보다 더 높은 값을 가지는 overshoot 현상을 보였다(Kim et al., 2003, Park et al., 1994).

### 참 고 문 헌

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.
- Lee, S. W., S. K Bae, J. H. Kwon, Y. S. Na, C. D. An, Y. S. Yoon and S. K. Song, 2005, Correlations between pore structure of activated carbon and adsorption characteristics of acetone vapor, J. KENSS, 27, 620~625.
- 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(1), 61-69.
- Chun, D. Y., T. S. Cho, Y. J. Kim and S. J. Yoa, 2002, Adsorption characteristics of toluene on activated carbon in a packed bed with stratification, J. KENSS, 24, 665-673.