

## 서울 대기에서 방향족 탄화수소의 계절적 농도 특성

### Seasonal characteristics of ambient aromatic hydrocarbons in Seoul

나광삼·김용표

한국과학기술연구원 지구환경연구센터

#### 1. 서 론

여러 도시 지역에서 채취된 농도 자료에 의하면 방향족 탄화수소는 전체 비메탄계 탄화수소에서 차지하는 부피 분율이 0.2-0.4로 대기에서의 비중이 높은 탄화수소이다 (Sexton and Westberg, 1984). 도심에서 방향족 탄화수소의 주요 인위적 배출원으로는 연료의 연소, 용제와 연료의 증발 등이 있으며, 벤젠은 자동차 배출가스, 에틸벤젠과 자일렌은 용제 증발 배출이 주요 배출원으로 알려져 있다 (Sexton and Westberg, 1980). 서울에서 사용되는 용제의 대부분은 페인트, 잉크 그리고 세탁용제로 주성분이 방향족 탄화수소로 보고되어 있다 (김소영, 1998). 서울에 대해 환경부가 실시한 휘발성 유기화합물의 배출원 조사에 의하면 페인트 사용, 인쇄 및 세탁업소에서의 배출이 전체 탄화수소에서 각각 35.2%, 7.3%를 차지할 정도로 (한화진, 1996) 방향족 탄화수소가 용제 증발 배출에서 차지하는 비중은 매우 크다. 또한, 방향족 탄화수소의 증발 배출량은 주변 온도에 따라 변하기 때문에 (Wathne, 1983) 계절에 따라 대기에서의 관측되는 방향족 탄화수소의 농도는 달라질 것으로 예상된다.

이 연구의 목적은 서울 대기에서 계절에 따른 방향족 탄화수소의 농도 변화를 관찰하고 이들 성분들의 주요 배출원을 정성적으로 추정하는데 있다.

#### 2. 측정 및 분석

방향족 탄화수소의 채취는 1998년 1월부터 1998년 12월까지 6일 간격으로 하루 24시간 실시하여 1년 동안 총 44개의 시료를 얻었다. 채취를 위해 용기 내부 표면이 매끄러운 니켈과 크롬 산화물과 같은 불활성 물질로 코팅되어 있는 스테인레스스틸의 6 L 용기를 사용하였다. 측정 장치와 채취에 관한 자세한 내용은 나광삼 등 (1998)에 나타나 있다. 채취 장소는 서울시 동대문구 회기동에 있는 청량초등학교 4층 옥상이다. 이 곳은 4차선 중심 도로에서 약 100 m 떨어진 곳에 있으며, 주변에 주택가가 밀집되어 있어 자동차 배출과 일상생활과 관련된 배출 특성을 동시에 반영할 것으로 예상되는 곳이다.

분석은 한국과학기술연구원 특성분석센터에서 실시하였다. 분석 항목은 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, m- & p-자일렌, o-자일렌, 스티렌, 1,3,5-트리메틸벤젠 그리고 1,2,4-트리메틸벤젠으로 총 8종이며, 대기 시료 분석에 대한 상대표준편차는 5회 반복 분석한 결과 3-15 %이었다. 분석에 대한 자세한 내용은 나광삼 등(1998)에 나타나 있다.

#### 3. 결 과

방향족 탄화수소 8종의 연 평균 농도를 보면 톨루엔이 6.8 ppb로 방향족 탄화수소 가운데 농도가 가장 높았으며, 다음은 m- & p-자일렌 1.5 ppb, 에틸벤젠 1.1 ppb 그리고 벤젠 1.0 ppb 순서로 높았다.

방향족 탄화수소의 농도와 기온과의 관계를 살펴보고자 톨루엔, 에틸벤젠, m- & p-자일렌 그리고 o-자일렌의 농도를 각각 벤젠의 농도로 나눈 농도비를 계절별로 계산하여 표 1에 나타내었다. 여기서, 벤젠을 분모로 한 이유는 벤젠이 주로 자동차 배출가스에서 배출되고 용제로 사용되지 않는 반면, 다른 성분들은 자동차 배출가스와 용제 증발을 통해 배출되기 때문에 이러한 농도비가 분자에 있는 성분들의 온도에 의한 용제 증발 배출 특성을 반영할 것으로 예상되기 때문이다. 에틸벤젠/벤젠, m- & p-자일렌/벤젠 그리고 o-자일렌/벤젠의 농도비들을 보면 비교적 기온이 낮은 봄과 겨울은 1.0 이하의 값을 나타내었다. 이는 벤젠의 농도 비중이 상대적으로 높음을 의미하며 벤젠의 주요 배출원이 자동차 배출임을 감안할 때, 기온이 낮은 봄과 겨울에는 방향족 탄화수소의 경우 자동차 배출의 영향이 더 큰 것으로 보인다. 반면, 기온이 상대적으로 높은 여름과 가을의 농도비들은 1.0 이상의 값을 나타냈다. 이는 에틸벤젠

과 자일렌의 농도 비중이 농도비가 1.0 이하를 보인 비교적 기온이 낮은 봄과 겨울보다 여름을 의미하는 것으로서 이 농도비는 기온과 상관성이 있는 것으로 보인다.

Table 1. The seasonal ratio of aromatic hydrocarbons to benzene.

	toluene/benzene	ethylbenzene/benzene	m-&p-xylene/benzene	o-xylene/benzene
Spring (14 °C)*	5.7	0.7	0.7	0.6
Summer (24 °C)	8.9	1.3	1.7	1.0
Fall (16 °C)	7.5	1.3	2.7	0.9
Winter (1 °C)	5.7	1.0	0.8	0.6

\* Seasonal average temperature

톨루엔, 에틸벤젠과 자일렌의 농도가 온도와 관계 있을 것으로 판단되어 전체 측정 자료를 연평균 온도 인 12 °C 이상 (여름, 가을)과 이하 (봄, 겨울)인 날로 나누어 요인분석을 실시하였으며, VARIMAX 방법으로 직교 회전하여 얻은 요인적재값을 요인 1과 2에 대해 그림 1과 같이 나타내었다. 여기서 (a)는 연평균 온도 이하이었던 측정일의 결과 값으로 분석한 것이며, (b)는 연평균 온도 이상에 대한 결과를 나타낸다.

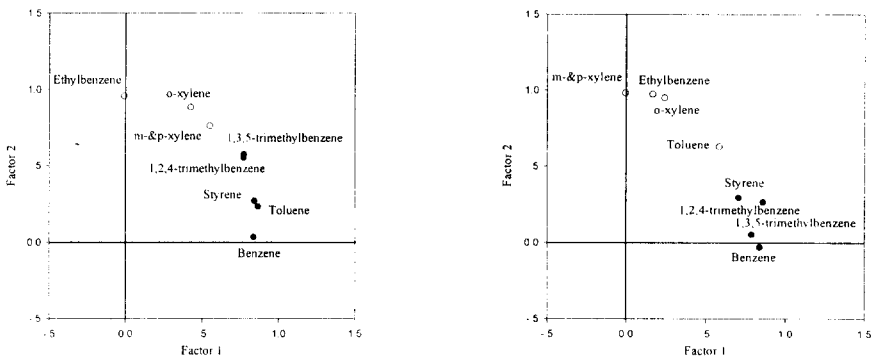


Fig. 1. Factor diagram in rotation space. ((a): spring and winter (below 12 °C); (b) summer and fall (above 12 °C))

그림을 보면, 에틸벤젠, m-&p-자일렌 그리고 o-자일렌은 기온과 관계없이 용제 증발 배출과 관계 있는 요인 2축을 중심으로 밀집되어 있다. 그러나, 톨루엔은 그림 1의 (a)와 같이 연평균 온도 이하인 날에는 자동차 배출과 관계가 높은 요인 1축에 근접해 있으며, 연평균 온도 이상인 날에는 그림 1의 (b)와 같이 용제 증발 배출과 관계 높은 요인 2축에 근접해 있다. 이 그림과 표 1을 통해 대기에서 톨루엔, 에틸벤젠 그리고 자일렌의 농도는 기온과 관계있는 것으로 보인다. 그러나, 이러한 특성을 일반화하기 위해서는 보다 많은 자료가 확보되어야 할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

김소영 (1998) 휘발성 유기화합물의 주요 배출원별 배출 특성에 관한 연구, 건국대학교 석사 학위논문.  
 나광삼, 김용표, 문길주, 백성욱, 황승만, 김성렬, K. Fung, 이강봉, 박현미 (1998) 한국대기보전학회지, 14(5), 507-518.  
 한화진 (1996) VOC 배출원별 배출량 산정 및 저감 기술 연구, 대한석유협회.  
 Sexton, K. and H. Westberg (1980) Environ. Sci. Technol., 14, 329-332.  
 Sexton, K. and H. Westberg (1984) Atmos. Environ., 18, 1125-1132.  
 Wathne, B. M. (1983) Atmos. Environ., 17, 1713-1722.